



**Tânia Patrícia
Barbosa Coutinho**

**Revisão do Plano de Segurança da Água do
Sistema Regional do Carvoeiro**



**Tânia Patrícia
Barbosa Coutinho**

Revisão do Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro

Relatório de estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sobre orientação científica do Doutor José Figueiredo Silva, Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

o júri

Presidente

Professor Doutor Luís António da Cruz Tarelho

Professor Auxiliar, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Manuel Augusto Marques Silva

Professor Catedrático Aposentado, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro

Professor Doutor José de Jesus Figueiredo da Silva

Professora Auxiliar, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostaria de expressar o meu reconhecido agradecimento a todos aqueles que contribuíram para a concretização desta dissertação.

Em especial à Águas do Vouga, S.A. na pessoa do seu Administrador, Eng. Fausto Oliveira, pelo pronto acolhimento do estágio. À Eng. Ana Camacho, responsável pela exploração e qualidade da empresa e orientadora de estágio, pela disponibilidade e acompanhamento do desenvolvimento ao trabalho na instituição. A todos os funcionários da empresa e da Luságua com que interagi.

Ao meu orientador, Professor Doutor José Figueiredo Silva, pela competência científica e acompanhamento do trabalho, pela disponibilidade e ajuda prestadas, assim como pelas críticas, correções e sugestões realizadas durante a orientação.

Aos meus pais, António Jorge Coutinho e Ana Lúcia Coutinho e irmã Mariana Coutinho pelo carinho, força, compreensão e conforto nos momentos que mais precisei, a quem dedico este trabalho.

Ao meu namorado, Fábio Marques, pelo companheirismo e conforto nos momentos mais difíceis e por ter sido o meu maior apoio durante toda esta jornada.

A todos aqueles que fizeram parte da minha vida académica, em especial aos amigos, Mariana Martins, Susana Sousa, Nadine Alves, Ana Catarina Alves, Sílvia Lopes, Luís Braga e Felicidade Coutinho, pelo apoio, incentivo e preocupação.

A Deus, por estar sempre comigo.

A todos, o meu muito Obrigada!

palavras-chave

Planos de Segurança da Água, Sistema Regional do Carvoeiro, avaliação de riscos, Pontos de Controlo Crítico, Pontos de Monitorização, Plano de monitorização.

resumo

Os Planos de Segurança da Água surgem com a necessidade de aumentar a segurança da água de abastecimento, superando a monitorização de conformidade de “fim de linha”, permitindo aumentar a confiança do consumidor na qualidade da água que lhe é fornecida. Esta nova abordagem recorre a uma metodologia de gestão baseada na identificação e no controlo de riscos em pontos críticos de um sistema de abastecimento, em complemento do controlo realizado através da monitorização da conformidade da água entregue aos consumidores. O Plano de Segurança da Água (PSA) encontra-se implementado no Sistema Regional do Carvoeiro (SRC) desde o ano de 2009. O SRC é um sistema de abastecimento de água em alta, sendo constituído por conjunto de infraestruturas de captação, tratamento, transporte e armazenamento de água desde a sua origem, localizada no rio Vouga, em Carvoeiro, até aos municípios integrados na Associação de Municípios do Carvoeiro-Vouga. Atendendo à obra de expansão do SRC, tornou-se imperativo efetuar uma revisão ao PSA, sendo este o objetivo primordial do trabalho de estágio desenvolvido na empresa Águas do Vouga S.A, concessionária responsável pela gestão do SRC. Para a prossecução deste objetivo, o trabalho desenvolvido envolveu os seguintes passos metodológicos: identificação das operações aplicadas no SRC; identificação de perigos e eventos perigosos em todos os órgãos constituintes do sistema; avaliação de riscos; identificação de pontos críticos de controlo; identificação de pontos de monitorização e medidas preventivas; elaboração do plano de monitorização, incluindo, procedimentos de controlo operacional em condições normais de funcionamento e em caso de desvio; validação deste plano. Deste trabalho resultou a identificação de 166 eventos perigosos, 17 tipologias de perigos, 3 pontos de controlo crítico e 17 pontos de monitorização. Os pontos de controlo crítico foram identificados nos processos de tratamento da ETA do Carvoeiro. O primeiro foi localizado na etapa de filtração com areia, antracite e zeólitos correspondendo aos perigos com metais (Fe e Mn), outros compostos químicos perigosos, partículas, turvação, matéria orgânica e alumínio. O segundo ponto foi identificado na etapa de filtração com filtros de carvão ativado granular relativo ao aparecimento de sabor e cianotoxinas. O terceiro ponto de controlo crítico foi encontrado na etapa de desinfecção referente aos microrganismos patogénicos. Os pontos de monitorização foram localizados ao longo do sistema em situações onde não se dispõem de nenhuma medida de controlo para eliminar o perigo e antes e após os pontos de controlo crítico. O plano de monitorização foi desenvolvido para estes pontos, embora os limites e procedimentos definidos devam ser alvo de revisão após a conclusão da obra de expansão do sistema. A validação da revisão do plano foi iniciada, mas cingiu-se apenas na avaliação preliminar de riscos, prévia ao início de operação da ETA do Carvoeiro. Para além da revisão deste plano, foram realizadas outras tarefas, nomeadamente uma análise à qualidade da água fornecida e distribuída pelo sistema, a elaboração do plano PCQA para o ano de 2016, a configuração da plataforma de gestão operacional NAVIA™ e a revisão do Manual de Gestão da Águas do Vouga relativo ao processo de qualidade na captação, tratamento e distribuição e ao processo de qualidade na gestão do PSA.

Keywords

Water Safety Plans, Regional Carvoeiro System, Risk assessment, Critical control points, Monitoring points, Monitoring plan

abstract

The Water Safety Plan (Plano de Segurança da Água – PSA – in portuguese) has its beginning point in the necessity to transmit bigger confidence to water consumer. Its target is to implement a methodological approach all the long of the water caption and not only in the final caption point. The used management methodology is based in identification and control of risk criteria in crucial points. Sistema Regional do Carvoeiro (SRC) was the site involve in this internship period and has PSA implemented since 2009. SRC is a high level public supply system with infrastructure for collection, treatment, transportation and water storage, located in Carvoeiro site in the right Vouga river region. This system is responsible for water supply to Carvoeiro-Vouga Municipalities Association members. As the system had an expansion period it turned mandatory to revise PSA. This was the main goal of the internship done in Águas do Vouga S. A. (responsible dealership for SRC) and it is documented in this paper. Aiming to achieve this goal the following methodological steps were observed: SRC operations identification; possible risks and risky situations in all the supply system; risks evaluation; critical control points identification; monitoring points identification and prevention measures; monitoring plan elaboration including operational control procedures either in normal or abnormal situations; plan validation. During the work 166 dangerous events belonging to 17 typologies were identified and 3 critical control points and 17 monitoring points were recognized. All the critical points were found in Carvoeiro ETA water treatment process. The first identified was found in the sand filtration, anthracite and zeolites responsible for prevent metal contamination (like aluminium), particles, turbidity and organic matter. The second one was identified in granular activated charcoal stage that is responsible for cyanobacteria and flavour control. The third one was found in disinfection phase to prevent pathogenic microorganisms. Monitoring points were found all accross supply chain were no control metrics existed yet either before or after the critical points. The monitoring plan was developed taking into account this points although all the plan should be revised once the expansion work is done. Plan validation started although only for a preliminary risk evaluation done before Carvoeiro ETA working period began. In parallel to the activities described before the water quality in the supply and distribution system was analysed, a PCQA plan for 2016 was elaborated, the NAVIA™ platform for operational management was configured and the Quality Handbook for Águas do Vouga was revised in relation to the management of PSA.

Índice

| | |
|---|-----|
| Índice de Figuras | iii |
| Índice de Tabelas | v |
| Lista de Abreviaturas | vii |
| Glossário | ix |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. A Importância dos Planos de Segurança da Água | 3 |
| 1.2. O caso do Sistema Regional do Carvoeiro..... | 5 |
| 1.3. O Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro | 7 |
| 1.4. Atividades desenvolvidas no estágio | 8 |
| 1.5. Estrutura da dissertação | 10 |
| 2. Planos de Segurança da Água | 13 |
| 2.1. Origem, âmbito e objetivos dos Planos de Segurança da Água | 13 |
| 2.2. Metodologia dos Planos de Segurança da Água | 16 |
| 2.2.1. Preparação | 21 |
| 2.2.2. Avaliação do sistema | 22 |
| 2.2.3. Monitorização operacional..... | 30 |
| 2.2.4. Gestão e Comunicação | 37 |
| 2.3. Benefícios e dificuldades na implementação dos Planos de Segurança da Água | 38 |
| 2.4. A implementação dos Planos de Segurança da Água pelo mundo | 39 |
| 3. Sistema Regional do Carvoeiro | 43 |
| 3.1. Origem da água | 47 |
| 3.2. Captação | 49 |
| 3.3. Operações de tratamento da água | 50 |
| 3.3.1. Pré-ozonização | 52 |
| 3.3.2. Coagulação | 55 |
| 3.3.3. Floculação..... | 57 |
| 3.3.4. Flotação | 58 |
| 3.3.5. Filtração | 60 |
| 3.3.6. Estação Elevatória intermédia (EEI)..... | 64 |
| 3.3.7. Ozonização intermédia | 65 |
| 3.3.8. Adsorção em filtros de Carvão Ativado Granular | 68 |
| 3.3.9. Correção do equilíbrio calco-carbónico..... | 71 |
| 3.3.10. Desinfecção | 72 |
| 3.4. Operações de tratamento de lamas | 76 |
| 3.4.1. Equalização de lamas..... | 76 |
| 3.4.2. Flotação de lamas | 77 |
| 3.4.3. Desidratação de lamas | 78 |
| 3.4.4. Adução e armazenamento | 79 |
| 3.5. Gestão e controlo do Sistema | 82 |
| 3.5.1. Controlo e Qualidade da Água | 82 |
| 3.5.2. Plataforma de apoio à gestão operacional - NAVIA™ | 85 |
| 4. Trabalho desenvolvido em ambiência de estágio | 89 |
| 4.1. Análise da qualidade da água fornecida e armazenada..... | 89 |
| 4.1.1. Análise de resultados de monitorização da água do rio..... | 90 |
| 4.1.2. Análise de resultados de monitorização da água captada | 103 |
| 4.1.3. Análise de resultados de monitorização da água armazenada | 106 |

| | |
|---|-----|
| 4.2. Revisão do Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro | 117 |
| 4.2.1. Identificação dos eventos perigosos e perigos..... | 117 |
| 4.2.2. Avaliação de risco e identificação de medidas preventivas | 120 |
| 4.2.3. Identificação dos Pontos de Controlo Crítico e Pontos de Monitorização | 128 |
| 4.2.4. Plano de monitorização..... | 133 |
| 4.2.5. Validação | 136 |
| 4.3. Elaboração do mapa PCQA para o ano de 2016 | 137 |
| 4.4. Configuração da plataforma de gestão operacional (NAVIA™)..... | 140 |
| 4.5. Revisão dos processos de qualidade do Manual de Gestão da Águas do Vouga, S.A..... | 142 |
| 5. Conclusões e recomendações | 145 |
| 5.1. Conclusões | 145 |
| 5.2. Recomendações | 154 |
| Bibliografia | 155 |
| Apêndices..... | 163 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Tarefas desenvolvidas em ambiência de estágio..... | 9 |
| Figura 2 – Estrutura da dissertação..... | 11 |
| Figura 3 - Representação dos principais objetivos do Plano de Segurança da Água..... | 15 |
| Figura 4 - Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA (adaptado de (13))..... | 19 |
| Figura 5 - Matriz de avaliação de risco recomendada pela OMS | 28 |
| Figura 6 – Avaliação de riscos utilizando a abordagem semi-quantitativa..... | 29 |
| Figura 7 - Árvore de decisão recomendada pela Codex Alimentarius para a determinação de Pontos Críticos de Controlo (Adaptado de (30)) | 31 |
| Figura 8 – Exemplos de medidas de controlo a implementar nos sistemas de abastecimento de água (adaptado de (5)) | 34 |
| Figura 9 – Disseminação do PSA à escala global [fonte: (42)] | 40 |
| Figura 10 - Área de concessão abrangida pelo SRC após a obra de expansão | 44 |
| Figura 11 – Fluxograma do Sistema Regional do Carvoeiro | 46 |
| Figura 12 – Aluvião do rio Vouga no Carvoeiro | 47 |
| Figura 13 – Bacia hidrográfica do rio Vouga [Fonte: (69)]..... | 48 |
| Figura 14 – Órgãos de captação subterrânea e superficial, à esquerda e à direita respetivamente | 49 |
| Figura 15 - Fluxograma da ETA do Carvoeiro | 51 |
| Figura 16 – Pré-ozonização na ETA do Carvoeiro..... | 54 |
| Figura 17- Câmaras de mistura rápida e lenta | 57 |
| Figura 18 – Flotadores e pontes raspadoras da ETA do Carvoeiro..... | 60 |
| Figura 19 - Filtros de areia, de antracite e zeólitos | 62 |
| Figura 20 – Processo de lavagem com água num filtro de zeólitos..... | 64 |
| Figura 21 – Grupos eletrobomba que constituem a Estação Elevatória intermédia da ETA do Carvoeiro | 65 |
| Figura 22- Câmaras de ozonização intermédia da ETA do Carvoeiro | 66 |
| Figura 23 – Filtros de carvão ativado granular da ETA do Carvoeiro..... | 70 |
| Figura 24 – Silos de cal na ETA do Carvoeiro..... | 72 |
| Figura 25 - Armazenamento do cloro..... | 76 |
| Figura 26 – Centrífuga instalada no edifício de desidratação | 79 |
| Figura 27 – Tendência dos caudais fornecidos ao sistema e consumido no SRC | 81 |
| Figura 28 - Parâmetros da qualidade da água constituintes dos grupos CR1, CR2, Inspeção, G1, G2, G3, conforme a legislação em vigor..... | 84 |
| Figura 29 – Funcionalidades do NAVIA™..... | 86 |
| Figura 30 – Variação da concentração dos coliformes fecais no rio Vouga | 91 |
| Figura 31 – Variação da concentração dos coliformes totais no rio Vouga..... | 91 |
| Figura 32 - Variação da concentração do alumínio no rio Vouga..... | 93 |
| Figura 33 - Variação da concentração de ferro dissolvido no rio Vouga | 94 |
| Figura 34 - Variação da temperatura da água do rio Vouga | 96 |
| Figura 35 - Variação do pH da água do rio Vouga | 97 |

| | |
|--|-----|
| Figura 36 - Variação da condutividade na água do rio Vouga | 98 |
| Figura 37 – Variação do número de fitoplâncton na água do rio Vouga | 100 |
| Figura 38 – Variação no número de cianobactérias na água do rio Vouga | 101 |
| Figura 39 - Variação dos coliformes fecais no leito do rio..... | 104 |
| Figura 40 - Variação dos coliformes totais no leito do rio..... | 104 |
| Figura 41 – Fontes de informação recorrida na identificação de perigos e eventos perigosos no SRC | 117 |
| Figura 42 – Matriz A | 120 |
| Figura 43 – Matriz B | 121 |
| Figura 44 – Matriz C | 121 |
| Figura 45 - Matriz selecionada para a avaliação de riscos | 122 |
| Figura 46 – Níveis de classificação do risco, resultantes da aplicação da matriz | 122 |
| Figura 47 – Fontes de informação utilizadas na análise da probabilidade de ocorrência dos eventos perigosos e perigos identificados no SRC..... | 123 |
| Figura 48 - Árvore de decisão da Águas do processo 8 do Manual de Gestão da Águas do Vouga, S.A. | 129 |
| Figura 49 – Plano PCQA do ano de 2016, considerando a obra de expansão do Sistema Regional do Carvoeiro- SRCII | 139 |
| Figura 50 - Árvore de localizações do SRC..... | 140 |
| Figura 51 – Registo de resultados de análises efetuadas no RPA no dia 22 de junho de 2015 | 141 |
| Figura 52 – Exemplo do planeamento de tarefas de controlo no RPA para um período de 13 dias | 142 |
| Figura 53 - Classificação das combinações dos eventos perigosos e perigos quanto à probabilidade de ocorrência e severidade e classificação de riscos no SRC | 148 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 – Abordagem simples de avaliação de riscos para sistemas de abastecimento de pequena dimensão [Adaptado de (11)] | 27 |
| Tabela 2- Infraestruturas do SRC e do SRC II | 45 |
| Tabela 3 – Classificação da água com base nos parâmetros estudados na água do rio Vouga desde o ano de 2004 até 2014 | 102 |
| Tabela 4 – Classificação dos parâmetros estudados na água do rio Vouga e do leito desde o ano de 2004 até 2014 | 106 |
| Tabela 5 – Concentração de cloro (desinfetante residual na água tratada armazenada nos reservatórios) | 107 |
| Tabela 6 – Concentração de pH na água tratada armazenada nos reservatórios | 108 |
| Tabela 7 – Concentração de sabor na água tratada e armazenada nos reservatórios | 108 |
| Tabela 8 – Concentração de turvação na água tratada armazenada nos reservatórios | 109 |
| Tabela 9- Concentração de manganês na água tratada armazenada nos reservatórios | 110 |
| Tabela 10 – Concentração de ferro dissolvido na água tratada armazenada nos reservatórios | 111 |
| Tabela 11 – Concentração de alumínio dissolvido na água tratada armazenada nos reservatórios | 111 |
| Tabela 12 – Concentração de arsénio dissolvido na água tratada armazenada nos reservatórios | 112 |
| Tabela 13 – Concentração de selénio dissolvido na água tratada armazenada nos reservatórios | 113 |
| Tabela 14 – Concentração de pesticidas totais na água tratada armazenada nos reservatórios | 113 |
| Tabela 15 – Concentração de HAP na água tratada armazenada nos reservatórios | 114 |
| Tabela 16 – Concentração de nitratos na água tratada armazenada nos reservatórios | 115 |
| Tabela 17 – Concentração de bromatos na água tratada armazenada nos reservatórios | 115 |
| Tabela 18 – Concentração de trihalometanos na água tratada armazenada nos reservatórios | 116 |
| Tabela 19 – Descrição dos eventos perigosos e perigos associados a cada etapa e sub-etapa | 118 |
| Tabela 20 – Perigos identificados no SRC e respetiva classificação da severidade para a saúde pública | 125 |
| Tabela 21 – Exemplos de eventos perigosos, perigos e avaliação de risco nas etapas do SRC | 126 |
| Tabela 22 – PCC obtidos após utilização da árvore de decisão aos riscos identificados | 130 |
| Tabela 23 – Exemplos de PM obtidos após a aplicação da árvore de decisão aos riscos identificados | 132 |
| Tabela 24- Limites de alerta e críticos, procedimentos de controlo operacional e em caso de desvio para o PCC 1 | 134 |
| Tabela 25 – Limites de alerta e críticos, procedimentos de controlo operacional e em caso de desvio para o PCC 2 | 134 |
| Tabela 26 - Limites de alerta e críticos, procedimentos de controlo operacional e em caso de desvio para o PCC 3 | 135 |
| Tabela 27 – Parâmetros do mapa PCQA | 138 |
| Tabela 28 – Combinações de eventos perigosos e perigos classificadas com um risco elevado e muito elevado | 150 |
| Tabela 29- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de água bruta- água superficial | 164 |
| Tabela 30- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de água bruta- água subterrânea | 169 |
| Tabela 31- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de captação de água bruta- água superficial | 177 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 32 - Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de captação de água bruta- água subterrânea | 178 |
| Tabela 33 - Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de pré-ozonização | 180 |
| Tabela 34 - Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de correção de pH | 181 |
| Tabela 35- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de coagulação-floculação..... | 182 |
| Tabela 36- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de flotação | 184 |
| Tabela 37- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de filtração | 191 |
| Tabela 38- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de Estação Elevatória Intermédia | 193 |
| Tabela 39- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de oxidação com ozono | 195 |
| Tabela 40- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de filtração CAG | 196 |
| Tabela 41- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de remineralização..... | 198 |
| Tabela 42- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de desinfecção | 199 |
| Tabela 43- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de estações elevatórias..... | 201 |
| Tabela 44- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de adução de água tratada | 203 |
| Tabela 45- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de armazenamento de água tratada..... | 209 |
| Tabela 46- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco na etapa de todo o sistema | 212 |
| Tabela 47- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco na etapa de todo o sistema (riscos futuros) | 213 |

Lista de Abreviaturas

AdRA- Águas da Região de Aveiro
AIH- Ácidos Haloacéticos
AMC-V- Associação dos Municípios do Carvoeiro-Vouga
CAG- Carvão Ativado Granular
CAP-Carvão Ativado em Pó
COT-Compostos Orgânicos Totais
CT- Razão de Concentração de desinfetante/ Tempo de contato com o desinfetante
EE- Estação Elevatória
EEI- Estação Elevatória Intermédia
ERSAR- Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos
ETA- Estação de Tratamento de Água
ETAR- Estação de Tratamento de Águas Residuais
FAO- Food and Agriculture Organization
GDWQ- Guidelines for Drinking Water Quality
HAP-Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares
HACCP- Hazard Analysis and Critical Control Point
ICMSF- International Commission on Microbiological Specifications for Foods
IWA- International Water Association
LC-Limite Crítico
OMS- Organização Mundial de Saúde
PC- Ponto de Controlo
PCC- Ponto Crítico de Controlo
PCQA- Programa de Controlo e Qualidade da Água
PM- Ponto de Monitorização
PSA- Plano de Segurança da Água
RASARP- Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos em Portugal
RPA- Reservatório Principal de Água
SCCC- Sistema Centralizado de Comando e Controlo
SRC- Sistema Regional do Carvoeiro
SST- Sólidos Suspensos Totais
THMs- Trihalometanos
VMA- Valor Máximo Admissível
VMR- Valor Máximo Recomendado
VP-Valor Paramétrico
WAC- Policlorosulfato de alumínio

Glossário

Evento perigoso: Evento, ação, atividade ou processo que pode causar a introdução de um perigo (contaminante) no sistema de abastecimento de água.

Medida de controlo: ação ou processo estabelecido especificamente para prevenir ou eliminar um perigo, ou reduzi-lo a um nível aceitável.

Medida preventiva ou de suporte: atividade básica, genérica cuja implementação beneficia a segurança da água.

Perigo: Agente biológico, químico ou físico, presente na água, com potencial para causar efeitos adversos na saúde humana.

Ponto de controlo: elemento do sistema onde se verifica um perigo classificado com risco médio (pontuação de risco com valor superior a 5).

Ponto de controlo crítico: Ponto onde é essencial prevenir, eliminar ou reduzir um perigo dentro de limites aceitáveis.

Ponto de monitorização: ponto onde se monitorizam os parâmetros aplicáveis.

Risco: Combinação da probabilidade de ocorrência de um perigo com efeito adverso para a saúde humana e a severidade do mesmo.

1. Introdução

“Não há vida sem água. A água é um bem precioso, indispensável a todas as atividades humanas”, constitui o primeiro princípio básico da Carta Europeia da Água, que surgiu no dia 6 de Maio de 1968, em Estrasburgo. De facto a água constitui um elemento vital tanto para os animais e plantas como para o Homem (1).

A fração de água que constitui os seres vivos é bastante elevada, relativamente aos outros elementos constituintes. Representando, assim, cerca de sessenta por cento do peso do corpo humano, aproximadamente nove décimas do peso total de alguns vegetais, e noventa e oito por cento do peso em animais marinhos, como as alforrecas. A água é um recurso natural que é imprescindível ao Homem na sua vitalidade e quotidiano, uma vez que lhe serve como alimento, bebida, para a sua higiene, como fonte de energia, matéria-prima de produção, via de transporte e suporte de atividades recreativas (1,2).

A água distribui-se por três reservatórios principais na Terra: os oceanos, os continentes e a atmosfera. Nos continentes encontra-se distribuída em lagos de água doce e salgada, rios, humidade do solo, águas subterrâneas, gelos polares e glaciares. Estes três grandes reservatórios interagem continuamente num ciclo, designado Ciclo Hidrológico. Este fenómeno natural é traduzido como a troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera.

Apesar de a água cobrir uma grande extensão da superfície do planeta, a maior parte não se encontra disponível para consumo humano. Assim, cerca de 97% da água do planeta encontra-se nos oceanos, e os restantes 3% encontram-se distribuídos nos gelos polares, glaciares, atmosfera e humidade dos solos. Para atividades do Homem, apenas uma pequena fração de 0,62% da água encontra-se disponível, distribuída em rios, lagos de água doce e aquíferos (3).

A despeito da quantidade de água ser um tema muito importante no século XXI, a nível mundial, a qualidade da água é que se encontra relacionada com a saúde humana, bem-estar e qualidade de vida, em qualquer região, independentemente de ser rica ou pobre, ou se possui muita ou pouca água (4).

A garantia da qualidade da água para consumo humano fornecida por um sistema de abastecimento público constitui um elemento essencial das políticas da saúde pública (5).

De modo a garantir um abastecimento de água seguro é extremamente necessário conhecer os riscos de contaminação e controlar efetivamente esses mesmos riscos. Também é exigido que os padrões de qualidade estejam definidos de maneira consistente e que sejam implementados mecanismos, no intuito de verificar e exigir água com boa qualidade (6).

Neste âmbito, surge em 1958 a primeira publicação da Organização Mundial de Saúde (OMS) referente á qualidade de água para consumo humano, intitulada *International Standards for Drinking Water*, que estabeleceu uma metodologia de verificação da conformidade das características da água abastecida com normas, recorrendo a programas de amostragem do “produto-final” consumido. Mais tarde, surgem em 1984 os três volumes da publicação *Guidelines for Drinking Water Quality (GDWQ)*, que foram editados nos anos de 1993, 1996 e 1997 respetivamente. A introdução desta nova estratégia, além de promover um enorme avanço na proteção da saúde humana em todo o mundo, constituindo uma avaliação de riscos para a saúde, serviu de base a procedimentos legislativos, como foi o caso da Diretiva 80/778/CE, revogada pela Diretiva 98/83/CE que se encontra atualmente em vigor. Esta Diretiva incorpora os novos avanços que foram entretanto registados e cinge-se na obrigatoriedade de conformidade dos parâmetros de qualidade (5).

O Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto, que revoga os sucessivos diploma legais publicados desde 1990, vem estabelecer o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano. Este diploma possui como objetivo primordial a proteção da saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de uma eventual contaminação de água e garantir a disponibilização tendencialmente universal de água salubre, limpa e desejavelmente equilibrada na sua composição. Estabelece ainda os critérios de repartição da responsabilidade pela gestão de um sistema de abastecimento público de água para consumo humano, em situações em que a mesma seja partilhada por duas ou mais entidades gestoras (7). Este diploma legal foi modificado pelo Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, na aptidão dos laboratórios de ensaios, na aprovação de credenciais dos laboratórios de ensaios, nas contraordenações e no regime transitório. O Decreto-Lei n.º 92/2010 estabelece os princípios e as regras necessárias, de modo a simplificar o livre acesso e exercício das atividades de serviços, transpondo a Diretiva n.º 2006/123/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de Dezembro (8).

Destaca-se também o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, que estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade da

água, em função dos seus principais usos. Neste intuito, este diploma legal define os requisitos observáveis na utilização das águas para diversos fins, isto é, águas para consumo humano, águas para suporte da vida aquícola, águas balneares e águas de rega. Define também as normas de descargas das águas residuais na água e no solo, visando a promoção da qualidade de meio aquático e a proteção da saúde pública e dos solos (9).

Por último, e não menos importante em matéria de legislação, o Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, que estabelece o regime dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos. Este diploma legal sofreu modificações, nomeadamente, no procedimento de seleção de capitais privados e decisão de concessionar, que aparecem publicadas no Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de Julho, e ainda, nos regimes de faturação e contraordenacional, tendo sido publicada a Lei n.º 12/2014, de 6 de Março (10).

1.1. A Importância dos Planos de Segurança da Água

Segundo Vieira e Morais(5), até meados do século XX, a qualidade da água para consumo humano era avaliada pelas suas características organoléticas, tendo como base o senso comum de se exigir que ela se apresentasse límpida, agradável ao paladar e sem cheiro desagradável. Contudo, este tipo de avaliação foi-se revelando falível em termos de proteção de saúde pública contra microrganismos patogénicos e contra substâncias químicas perigosas presentes na água.

Atualmente esta estratégia é bem diferente em relação ao século XX. A garantia da qualidade da água para abastecimento baseia-se na deteção de constituintes microbiológicos, físicos, químicos e radiológicos potencialmente perigosos para a saúde humana, através da análise da conformidade dos resultados obtidos na monitorização da qualidade da água fornecida aos consumidores com os valores estipulados nas normas legalmente estabelecidas(5).

Não obstante, tem-se vindo a verificar que esta metodologia de controlo de qualidade da água apresenta um conjunto de limitações, algumas das quais relacionadas com os seguintes aspetos(5):

- Assinala-se uma correlação limitada entre microrganismos patogénicos eventualmente presentes na água e os organismos indicadores geralmente adotados na legislação. Neste sentido, tem-se verificado uma correlação fraca de indicadores bacteriológicos com vírus e protozoários patogénicos, muito provavelmente devido à sua capacidade de resistência diferente à desinfeção;

- Na monitorização de parâmetros microbiológicos os métodos analíticos usados caracterizam-se por, em geral, serem demorados para permitir prevenir situações acidentais. Este tipo de controlo apenas permite verificar se a água é própria ou imprópria para consumo;
- A estatística dos resultados da monitorização do produto final apresenta uma significância limitada em vários sentidos. Os volumes de água submetidos a monitorização em conformidade com a lei são insignificantes quando comparados com os volumes de água distribuída. Além disso, as frequências de amostragem, em geral, adotadas em sistemas de distribuição de água dificilmente garantem uma adequada representatividade, tanto temporal como espacial.

Categoricamente, através da evidência das limitações apresentadas é possível afirmar que a monitorização de conformidade de “fim-de-linha” não se garante ao consumidor, a necessária confiança na água que lhe é fornecida. Assim sendo, torna-se imperativo evoluir para metodologias de gestão técnica baseadas em análise e controlo de riscos em pontos críticos do sistema de abastecimento, complementando o controlo realizado através da monitorização de conformidade do produto final e reforçando a segurança da garantia da qualidade da água e proteção da saúde pública (5).

Resultante desta necessidade em evoluir, surge o conceito de Plano de Segurança da Água (PSA) para consumo humano estabelecido numa conferência internacional em Berlim sobre “Estratégias de Gestão de Riscos em Água para Consumo Humano”, organizada pela OMS, em abril de 2003, conforme assumido na 3ª edição das GDWQ em 2004 (5).

A OMS apresenta a seguinte definição para PSA: *“The most effective means of consistently ensuring the safety of a drinking- water supply is through the use of a comprehensive risk assessment and risk management, approach that encompasses all steps in water supply from catchment to consumer. In these Guidelines, such approaches are called water safety plans.”* (11)

A Carta de Bona, publicada juntamente com a 3ª edição das GDWQ, no âmbito do Congresso Mundial da Água em Marraquexe, a *International Water Association (IWA)*, define o PSA como um plano documentado que identifica riscos credíveis desde a captação ao consumidor, ordena esses riscos por prioridade e cria sistemas de controlo que os possam mitigar(6)

Os principais objetivos do PSA prendem-se com a proteção da saúde humana e com a garantia de boas práticas de gestão e controlo de um abastecimento de água(12).

Para a prossecução destes objetivos, consideram-se uma sequência de etapas a desenvolver, nomeadamente, a constituição da equipa de trabalho, a descrição do sistema de abastecimento de água, a identificação de perigos e eventos perigosos e avaliação de riscos, a identificação dos pontos de controlo e medidas de controlo, definir o plano de monitorização, estabelecer e operar sistemas de validação da eficácia do PSA, preparar os procedimentos de gestão e desenvolver programas de suporte (13).

O abastecimento seguro da água para consumo humano é considerado uma questão política fundamental para a Proteção da Saúde Pública, devendo ser o principal objetivo dos sistemas de abastecimento de água para consumo humano e o PSA é uma ferramenta importante para o cumprimento deste mesmo objetivo (14).

1.2. O caso do Sistema Regional do Carvoeiro

Um sistema de abastecimento público de água consiste num conjunto de vários órgãos, com a finalidade de fornecer água para o consumo humano. Os órgãos constituintes são infraestruturas e equipamentos que abrangem, a captação, o tratamento, a adução, o armazenamento e a distribuição de água (15).

A captação consiste na recolha de grandes volumes de água que satisfaçam as necessidades emergentes da população abastecida. O sistema de captação de água pode ser superficial e/ou subterrâneo. Em relação ao tratamento de água, este é realizado em Estações de Tratamento de Água (ETA), que visa a eliminação de substâncias presentes na água captada, de modo a torná-la potável. A adução consiste no transporte de água para a rede de abastecimento, através de infraestruturas adequadas ao efeito; o armazenamento da água captada e tratada é realizado em reservatórios. A distribuição de água, por sua vez, consiste na rede de abastecimento, isto é, um sistema de condutas que transportam a água até aos ramais de ligação(16).

Note-se que o abastecimento público de água potável pode ser realizado em baixa ou em alta. Um sistema que realize a sua função em alta responsabiliza-se pela captação, tratamento, adução e pelo armazenamento da água. Por outro lado, um sistema que efetue a sua função em baixa encarrega-se apenas do armazenamento e distribuição da água tratada à população(17).

Destacam-se vários conceitos relacionados com sistemas de abastecimento de água, nomeadamente sistemas plurimunicipais, multimunicipais, intermunicipais ou municípios integrados, e municipais. Consideram-se sistemas municipais, todos os sistemas, incluindo os geridos através de associações de municípios. A correspondente gestão e exploração podem ser efetuadas pelos respetivos municípios e associações de municípios ou atribuídas, em regime de concessão, a entidade pública ou privada de natureza empresarial, bem como a associação de utilizadores. Quanto aos sistemas multimunicipais, estes servem pelo menos dois municípios, exigindo um investimento predominante a efetuar pelo Estado em função de razões de interesse nacional. A gestão e exploração devem ser asseguradas pelo Estado ou então, atribuída em regime de concessão, a uma entidade pública de natureza empresarial ou a uma empresa que resulte da associação de entidades públicas, em posição obrigatoriamente maioritária no capital social, com entidades privadas. No que concerne ao nível de integração dos sistemas, enquanto que os sistemas intermunicipais são sistemas municipais que agregam mais do que um município, os plurimunicipais integram os sistemas intermunicipais e os multimunicipais (18).

O Sistema Regional do Carvoeiro (SRC) é um sistema intermunicipal e realiza a sua atividade em alta desde agosto de 1996. É gerido pela empresa Águas do Vouga, S.A., constituída em abril de 1996 que é detida totalmente pela empresa Aquapor/Luságua, um dos principais líderes do mercado na gestão de concessões municipais e prestações de serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais diretamente à população, às autarquias e às indústrias (19–21).

O SRC é constituído por um conjunto de infraestruturas de captação, tratamento, transporte e armazenamento de água desde a sua origem, localizada no rio Vouga, em Carvoeiro, até aos municípios associados da Associação de Municípios do Carvoeiro-Vouga (AMC-V), nomeadamente, Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Vagos e Válega, uma freguesia de Ovar (20).

O SRC foi sujeito a uma ampliação, designada “Expansão do Sistema Regional do Carvoeiro – SRC II”, no sentido de servir todo o município de Águeda e os municípios de Oliveira do Bairro e Vagos, contemplando também o reforço do abastecimento de água para os restantes municípios. Esta alteração resultou num aumento do caudal de água e num reforço das captações e da capacidade de tratamento da ETA (22).

Atualmente, a água é captada a nível subterrâneo, através de dois poços e dez furos, após sofrer uma filtração natural pelo próprio leito do rio, e a nível superficial no Rio Vouga, através de uma infraestrutura apropriada.

O tratamento realiza-se na ETA do Carvoeiro, constituindo-se por uma sequência de processos de tratamento. Na linha de tratamento de água, a água captada superficialmente é sujeita aos tratamentos de pré-ozonização, coagulação, floculação, flotação, filtração com filtros de areia/antracite e zeólitos, ozonização intermédia, filtração em filtros de Carvão Ativado Granular (CAG), correção do equilíbrio calco-carbónico e desinfecção. A água captada através dos poços e furos é introduzida na ETA, no processo de ozonização intermédia, sendo submetida apenas aos processos de ozonização intermédia, filtração em filtros de CAG, correção do equilíbrio calco-carbónico e desinfecção, misturando-se aí com a água superficial que foi sujeita aos processos de tratamento anteriores. Quanto à linha de tratamento de lamas, as lamas produzidas são equalizadas, flotadas e por fim desidratadas com recurso a uma centrífuga.

De um modo geral, o SRC atende a 33 reservatórios, 5 Estações Elevatórias (EE) e cerca de 248 km de condutas adutoras (23).

1.3. O Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro

O PSA foi implementado na empresa Águas do Vouga no ano de 2009, aplicando as orientações do grupo de trabalho criado pela ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos), sendo a sua gestão integrada no Sistema de Gestão da Qualidade (24).

Atendendo à ampliação do SRC, surge a necessidade de efetuar uma revisão ao PSA, para garantir o funcionamento ininterrupto do sistema de abastecimento com a qualidade exigida, através da utilização de boas práticas no sistema de abastecimento de água (24).

Esta dissertação centra-se num estágio, realizado na empresa Águas do Vouga, que se prende com uma abordagem de análise de risco para a saúde humana realizada a todas as etapas onde o SRC intervém, desde a origem da água até aos reservatórios, designadamente pontos de entrega.

Assim, o objetivo geral do trabalho de estágio consiste na revisão do Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro, adaptado à alteração decorrente da expansão - SRC II. Para a prossecução deste objetivo geral equacionaram-se os seguintes objetivos específicos:

- i. Elaboração da avaliação de riscos para a saúde humana em todas as etapas da água onde o SRC intervém, desde a captação até ao armazenamento da água tratada em reservatórios, recorrendo a uma matriz de risco;
- ii. Definição de pontos de monitorização e controlo através da ferramenta árvore de decisão da metodologia HACCP, nas etapas de tratamento da água;
- iii. Elaboração dos procedimentos de atuação em condições de operação normais e em caso de desvio, que são parte constituinte dos planos de monitorização;
- iv. Validação das diferentes fases constituintes do PSA do SRC.

1.4. Atividades desenvolvidas no estágio

Durante a estadia na Águas do Vouga, S.A., foram desenvolvidas várias tarefas, incluindo não só as necessárias para a concretização dos objetivos mencionados, mas também procedimentos de trabalho interno da empresa. A Figura 1 apresenta as principais tarefas, que foram desenvolvidas, no sentido de adaptar as condições existentes do sistema à nova obra de ampliação do Sistema Regional do Carvoeiro- SRC II.

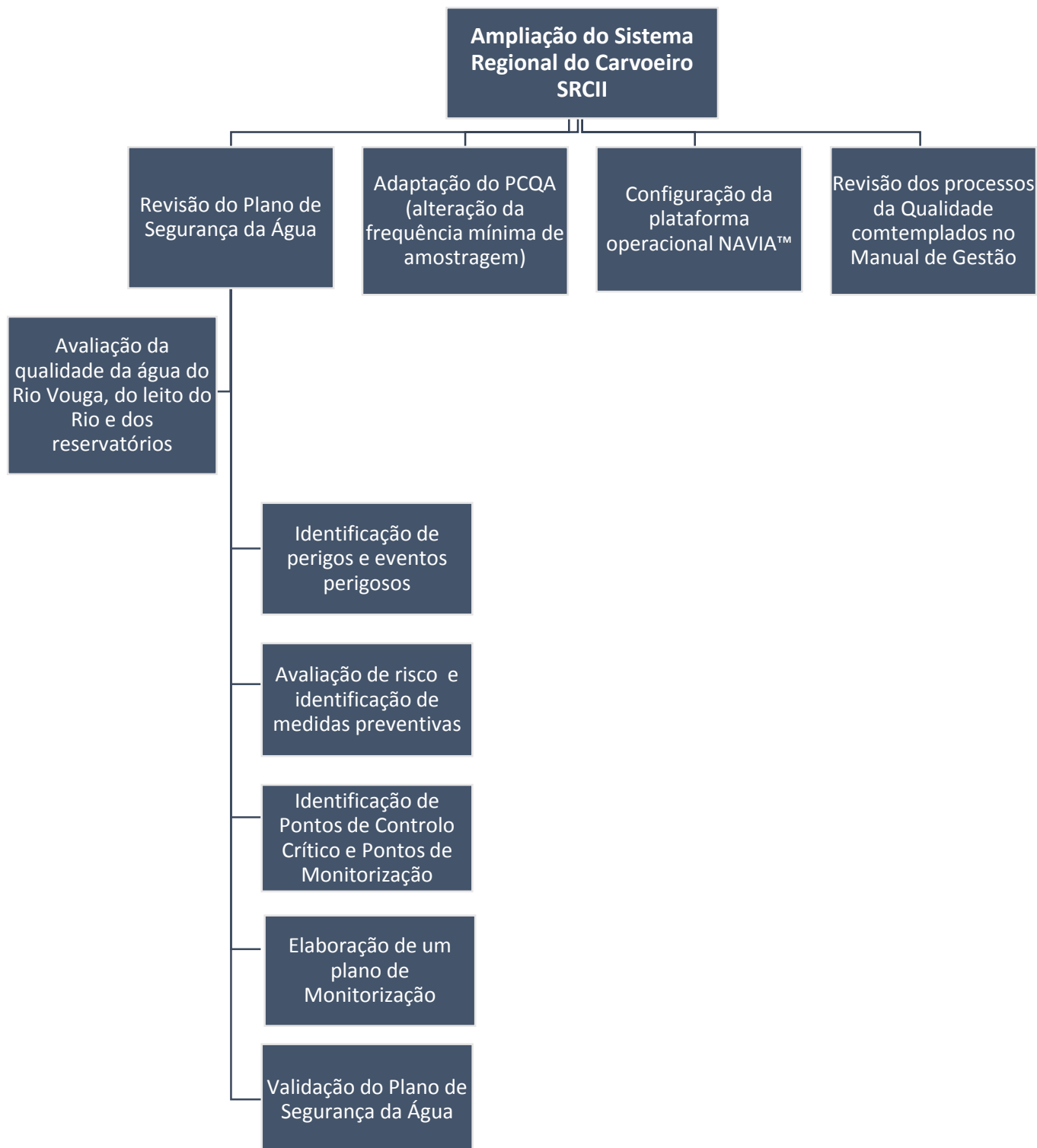


Figura 1 – Tarefas desenvolvidas em ambiência de estágio

Como principal tarefa foi realizada uma revisão do Plano de Segurança da Água implementado ao sistema de abastecimento, que teve como suporte, no âmbito da avaliação de risco, o desenvolvimento de um estudo de avaliação de qualidade da água captada e produzida para consumo humano. A revisão do Plano recaiu na identificação de perigos e eventos perigosos ao longo do sistema; na avaliação de risco e identificação de medidas preventivas; na identificação de Pontos de Controlo Crítico e Pontos de Monitorização; no desenvolvimento de um plano de monitorização operacional e ainda na validação do plano.

Como tarefas secundárias, tendo em conta a alteração do caudal de água produzido, o aumento do número de pontos de entrega e o aumento do número de consumidores, resultante da nova obra de ampliação, procedeu-se à adaptação do plano PCQA (Programa de Controlo e Qualidade da Água) para o ano de 2016. No âmbito do controlo operacional dos novos processos de tratamento e dos novos reservatórios e estações elevatórias, procedeu-se a uma configuração da plataforma NAVIA™ que agrega os procedimentos de gestão operacional de um sistema de abastecimento de água. Por último, foram revistos dois processos da qualidade contemplados no Manual de Gestão das Águas do Vouga, referentes aos processos de captação, tratamento e distribuição da água e à gestão do Plano de Segurança da Água.

1.5. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos distintos, conforme ilustra a Figura 2. O **primeiro capítulo** dedica-se à apresentação do tema geral da dissertação e dos seus principais objetivos. Este capítulo foca-se na fundamentação teórica e no enquadramento legislativo acerca da qualidade da água disponível para consumo humano, da importância do Plano de Segurança da Água e da sua aplicação no Sistema Regional do Carvoeiro.

O **segundo capítulo** incide no enquadramento teórico acerca da importância dos Planos de Segurança da Água aplicados a sistemas de abastecimento de água. São apresentados os principais conceitos, princípios e metodologia associados a este plano, bem como todas as fases de desenvolvimento, benefícios e dificuldades na implementação e, por último apresenta-se uma contextualização atual dos Planos de Segurança da Água no mundo, na União Europeia e em Portugal.

| | | |
|---------|--|---|
| Parte 1 | Introdução <ul style="list-style-type: none"> • A quantidade e a qualidade da água na Terra disponível para consumo humano • A importância dos Planos de Segurança da Água • O caso do Sistema Regional do Carvoeiro • O Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro | Conceptualização/ fundamentação teórica e enquadramento legislativo Definição de objetivos |
| Parte 2 | A importância dos Planos de Segurança da Água <ul style="list-style-type: none"> • Origem, âmbito e objetivos do Plano de Segurança da Água • Metodologia de implementação do Plano de Segurança da Água • Benefícios e dificuldades da implementação do Plano de Segurança da Água • A implementação do Plano de Segurança da Água pelo mundo | Enquadramento teórico acerca do tema da dissertação, Planos de Segurança da Água |
| Parte 3 | O Sistema Regional do Carvoeiro <ul style="list-style-type: none"> • Marcos históricos • Descrição das várias etapas da água: <ul style="list-style-type: none"> • Origem da água do Rio Vouga • Captação subterrânea e superficial • Estação de tratamento da Água • Adução e armazenamento da água • Gestão e controlo do Sistema Regional do Carvoeiro | Descrição exaustiva do Sistema Regional do Carvoeiro, e das suas diferentes etapas onde a água é captada, tratada e armazenada |
| Parte 4 | Trabalho desenvolvido em ambiência de estágio <ul style="list-style-type: none"> • Análise da qualidade da água fornecida e armazenada <ul style="list-style-type: none"> • Análise dos resultados de monitorização da água do rio Vouga • Análise dos resultados de monitorização da água do leito do rio • Análise dos resultados de monitorização da água armazenada • A revisão do Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro: <ul style="list-style-type: none"> • Identificação de eventos perigosos e perigos • Avaliação de risco e identificação de medidas preventivas • Identificação de Pontos de Controlo Crítico e de Monitorização • Desenvolvimento do plano de monitorização operacional • Validação do Plano de Segurança da Água • Elaboração do mapa PCQA para o ano de 2016 • Configuração da plataforma de gestão operacional NAVIA™ • Revisão dos processos de qualidade do Manual de Gestão da Águas do Vouga, S.A. | Apresentação dos resultados obtidos no trabalho desenvolvido em ambiência de estágio e sua discussão |
| Parte 5 | Conclusões e recomendações <ul style="list-style-type: none"> • Conclusões • Recomendações | Conclusões gerais e recomendações para trabalhos futuros |

Figura 2 – Estrutura da dissertação

No **terceiro capítulo** encontra-se uma descrição exaustiva do Sistema Regional do Carvoeiro. Inicialmente o capítulo foca-se na história do sistema de abastecimento, e posteriormente são descritas todas as etapas da água onde este intervém, desde a captação, tratamento até à adução e armazenamento. Por último, no âmbito do controlo e gestão, são apresentados os planos de controlo analítico de qualidade da água implementados no sistema e ainda um *software*, denominado NAVIA™, que é usado no controlo operacional.

O **quarto capítulo** incide nos resultados obtidos no trabalho desenvolvido em ambiência de estágio, nomeadamente, numa análise da qualidade da água fornecida e armazenada nos pontos de entrega, na revisão do Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro, na elaboração do mapa do Programa de Controlo e Qualidade da Água para o ano de 2016, na configuração da plataforma NAVIA™ e por último a revisão de dois processos de qualidade, denominados “Captação, Tratamento e Abastecimento” e “Gestão do Plano de Segurança da Água- Análise de risco para a saúde humana”, constantes do manual do Sistema de Gestão de Qualidade da Águas do Vouga, S.A..

No último e **quinto capítulo** são apresentadas as principais conclusões obtidas relativas ao trabalho desenvolvido, e as principais recomendações para trabalhos futuros.

2. Planos de Segurança da Água

Neste capítulo apresenta-se o enquadramento teórico da temática desta dissertação, tendo por base a revisão da literatura centrada na abordagem do Plano de Segurança da Água. O presente capítulo está organizado em quatro secções. Na secção 2.1 apresenta-se a origem, o âmbito e os principais objetivos do Plano de Segurança da Água a ser implementado em sistemas de abastecimento de água, no âmbito da gestão preventiva de riscos. A secção 2.2 descreve a metodologia base deste Plano, a metodologia HACCP – *Hazard Analysis and Critical Control Point*, e especifica cada etapa de desenvolvimento do Plano de Segurança da Água. Na secção 2.3 abordam-se os principais benefícios e dificuldades resultantes da implementação deste plano em sistemas públicos de abastecimento. Por ultimo, na secção 2.4 conclui-se o capítulo com um enquadramento geral acerca da implementação do Plano pelo mundo e em Portugal.

2.1. Origem, âmbito e objetivos dos Planos de Segurança da Água

Origem do conceito “Plano de Segurança da Água”

Por volta do ano 2000, surge na Austrália a primeira abordagem da gestão preventiva de riscos nos sistemas de abastecimento público de água, quando algumas entidades gestoras de água australianas começaram a adaptar práticas de controlo da qualidade do produto, ao longo da fase de produção, nos sistemas de abastecimento de água.

Tendo como ponto de partida este ponto de viragem, foi desenvolvida uma metodologia adequada para a gestão preventiva de riscos, incluindo elementos de normas como HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*), ISO 9001 e AS/NZS 4360 a aplicar aos sistemas de abastecimento, desde a origem da água até ao consumidor final. Esta metodologia foi introduzida nas recomendações *Guidelines for Drinking Water Quality (GDWQ)*, elaboradas pela *National Water Quality Management Strategy*, em 2003 (25).

O conceito de Plano de Segurança da água para consumo humano foi estabelecido numa conferência internacional em Berlim sobre “Estratégias de Gestão de Riscos em Água para Consumo Humano”, organizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), em abril de 2003, conforme assumido na 3ª edição das GDWQ em 2004, elaboradas pela OMS (5).

Através desta edição das GDWQ, a OMS apresenta um conjunto de recomendações para assegurar a qualidade da água, sobretudo um quadro para o abastecimento de água segura para o Governo

e instituições públicas, entre as quais, autoridades reguladoras, de saúde e inspetoras, com o intuito de garantir o abastecimento seguro de água à população, e consequentemente a proteção da saúde pública. Recomenda a metodologia de gestão preventiva dos riscos - o Plano de Segurança da Água a aplicar pelas entidades gestoras (25).

Também no ano de 2004, em paralelo com a publicação da 3ª edição das GDWQ, no âmbito do Congresso Mundial da Água em Marraquexe, a *International Water Association* (IWA), publica a “*The Bonn Charter for Safe Drinking Water*”, habitualmente designada Carta de Bona, com o objetivo primordial o abastecimento seguro de água para consumo humano de boa qualidade com a confiança dos consumidores (6,25). Para a concretização do seu objetivo, expõem nove princípios fundamentais que devem ser adotados por todos aqueles que contribuem para o fornecimento e operação de sistemas de abastecimento de água. Todavia, os conceitos e abordagens descritas são universalmente aplicáveis, e portanto, é necessário fazer uma adaptação considerável a cada país ou região com diferentes níveis de desenvolvimento económico, social e cultural (26).

Objetivos e âmbito dos Planos de Segurança da Água

Um Plano de Segurança da Água (PSA) representa uma abordagem de todo o sistema de abastecimento, para garantir que a água distribuída aos consumidores é de boa qualidade e com consistência (27). Neste intuito, os principais objetivos do PSA centram-se na proteção da saúde humana e na garantia das boas práticas de gestão e controlo de um abastecimento de água, como ilustra a Figura 3.

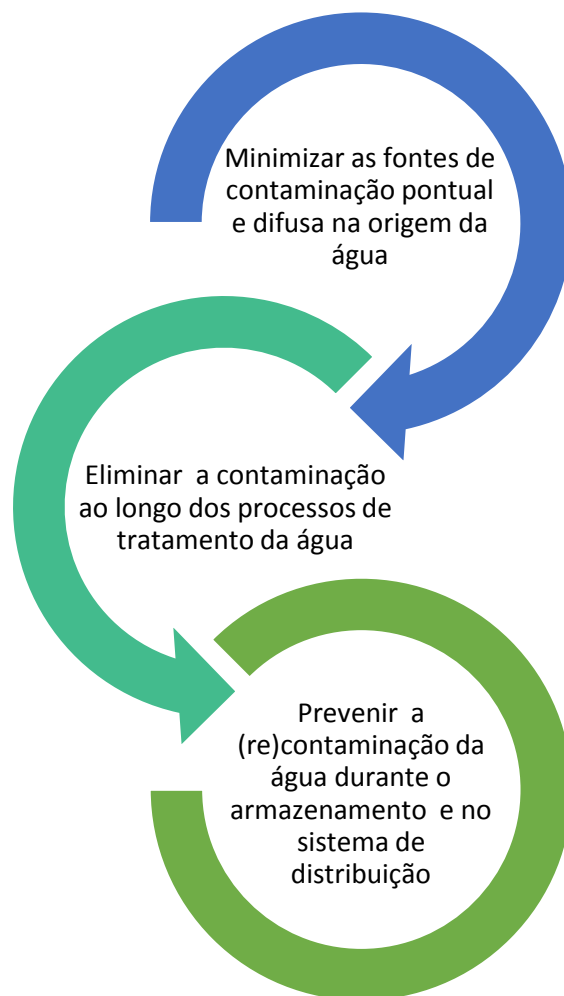


Figura 3 - Representação dos principais objetivos do Plano de Segurança da Água

Estes objetivos têm aplicação em todas as redes de abastecimento de água, independentemente da sua dimensão, resultando em planos mais ou menos complexos (12). Esta ampla aplicação constitui a maior vantagem da estratégia dos PSA (11).

Este plano deve obedecer a critérios técnicos, a legislações de saúde, ao ambiente, aos recursos hídricos e especialmente a normas relativas aos sistemas de abastecimento de água (28).

As boas práticas existentes da gestão de abastecimento de água constituem uma parte integrante do PSA. No entanto, não incluem a identificação de perigos, a avaliação de risco e a sua gestão. O PSA é essencialmente um quadro de identificação de perigos, avaliação de riscos, gestão de riscos, incluindo medidas de controlo, monitorização, planos de emergência e documentação associada a cada fase do sistema de abastecimento de água (12).

O controlo da qualidade e da fiabilidade de um sistema de abastecimento carece a consideração de vários aspetos essenciais, que devem ser tomados em consideração na gestão de riscos. Entre os demais, destacam-se na fonte de água, a gestão da bacia hidrográfica e a monitorização da qualidade da água bruta; no tratamento a monitorização operacional e a monitorização de qualidade da água e, no armazenamento de água tratada e adução, o controlo de níveis de armazenamento, a monitorização operacional e da qualidade da água e a pressão (5).

O PSA tem vindo a ser implementado em grandes sistemas de abastecimento de água e em hospitais. Este mesmo autor apresenta um caso de estudo da aplicação de um PSA num navio de cruzeiro (29).

2.2. Metodologia dos Planos de Segurança da Água

A metodologia HACCP

O desenvolvimento e implementação do PSA têm vindo a ser baseados em várias adaptações ao procedimento HACCP. O sistema HACCP define-se como uma abordagem sistemática e estruturada de identificação de perigos e da probabilidade da sua ocorrência, em todas as etapas da produção de alimentos, definindo medidas de controlo, baseadas no princípio das barreiras múltiplas, onde se considera que a falha de uma barreira pode ser atenuada pelo correto funcionamento das seguintes (30).

Esta abordagem foi desenvolvida no ano de 1960 pela empresa Pillsbury, nos laboratórios do Exército dos Estados Unidos e ainda pela NASA, com o objetivo de produzir refeições totalmente seguras para os astronautas. O sistema HACCP surge assim, como resultado da combinação de princípios de microbiologia dos alimentos com os de controlo da qualidade e da avaliação de perigos durante a produção de um alimento seguro.

Em 1980, o sistema HACCP foi recomendado pela OMS, International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) e a Food and Agriculture Organization (FAO), para ser aplicado em todas as empresas alimentares. O Comité da Higiene dos alimentos da Comissão do *Codex Alimentarius* publicou um guia para a aplicação do sistema HACCP, mais tarde em 1993. Este guia foi transposto para a legislação através da Diretiva 93/43 do Conselho de 14 de Junho de 1993, o qual era exigido a todas as empresas do sector alimentar. Em Portugal esta Diretiva foi transposta para o Decreto-Lei n.º 67/98 de 18 de Março de 1998 (30).

A aplicação da metodologia HACCP abrange os seguintes princípios fundamentais (31,32):

- Elaboração de um fluxograma do processo;
- Identificação dos perigos e avaliação da sua severidade;
- Determinar os Pontos de Controlo Críticos (PCC), recorrendo a uma ferramenta designada árvore de decisão;
- Estabelecer limites de controlo que indicam se uma operação está sob controlo num dado PCC;
- Estabelecer e implementar procedimentos de monitorização para controlo dos PCC
- Estabelecer ações corretivas a serem tomadas, quando a monitorização indicar que um determinado PCC não está sob controlo;
- Estabelecer um sistema de registo e arquivo de dados que documentam o plano HACCP;
- Estabelecer procedimentos para a verificação do sistema HACCP, incluindo testes complementares e revisão do sistema que garantem o seu funcionamento efetivo.

O sistema de HACCP não deve ser entendido meramente como um facilitador do cumprimento de requisitos legais, mas sobretudo como uma ferramenta de gestão de segurança alimentar à disposição das empresas (30).

Os sistemas de segurança alimentar baseados nesta metodologia superam muitas das limitações relativas a abordagens tradicionais de controlo. Assim, atualmente reconhecem-se diversos benefícios do sistema HACCP, entre os quais (30):

- Otimiza os recursos técnicos e humanos utilizados, direcionando-os para as atividades críticas;
- Identifica eventuais riscos que possam surgir, mesmo que não tenham sido previamente esperados;
- Possibilita um controlo mais eficiente, diminuindo a probabilidade de ocorrência de falhas/acidentes;
- Caracteriza-se por ser um sistema flexível, sendo facilmente adaptado a alterações que possam surgir;
- Fortalece a segurança dos consumidores, uma vez que esta abordagem sistemática de identificação e análise de riscos permite minimizar a ocorrência de situações que possam comprometer a segurança e saúde dos consumidores;

- Reforça a qualidade do produto, uma vez que aborda os aspetos de higiene e de segurança alimentar;
- Permite a redução dos custos, através da sua filosofia preventiva da redução de custos e desperdícios;
- A disponibilidade da documentação facilita ações de inspeção por parte das entidades competentes;
- Promove o comércio internacional devido à equalização de sistemas de controlo de segurança alimentar em todo o mundo, pela diminuição, apreensão e até destruição de alimentos contaminados e pelo aumento de confiança relativamente à segurança alimentar;
- É aplicável a toda a cadeia alimentar, desde a produção primária até ao produto final;
- Promove confiança perante as autoridades, agentes económicos, consumidores e entidades interessadas;
- Pode ser utilizado como prova de defesa em ações legais;
- É facilmente integrado com sistemas de gestão da qualidade, tal como a ISO 9000.

Fases de desenvolvimento do Plano de Segurança da Água

O conjunto das fases a considerar no desenvolvimento e aplicação de um PSA baseiam-se no princípio de barreiras múltiplas, de análise de perigos e de pontos críticos de controlo (HACCP) (4).

Na Figura 4 encontra-se um esquema representativo, onde constam todas estas fases.

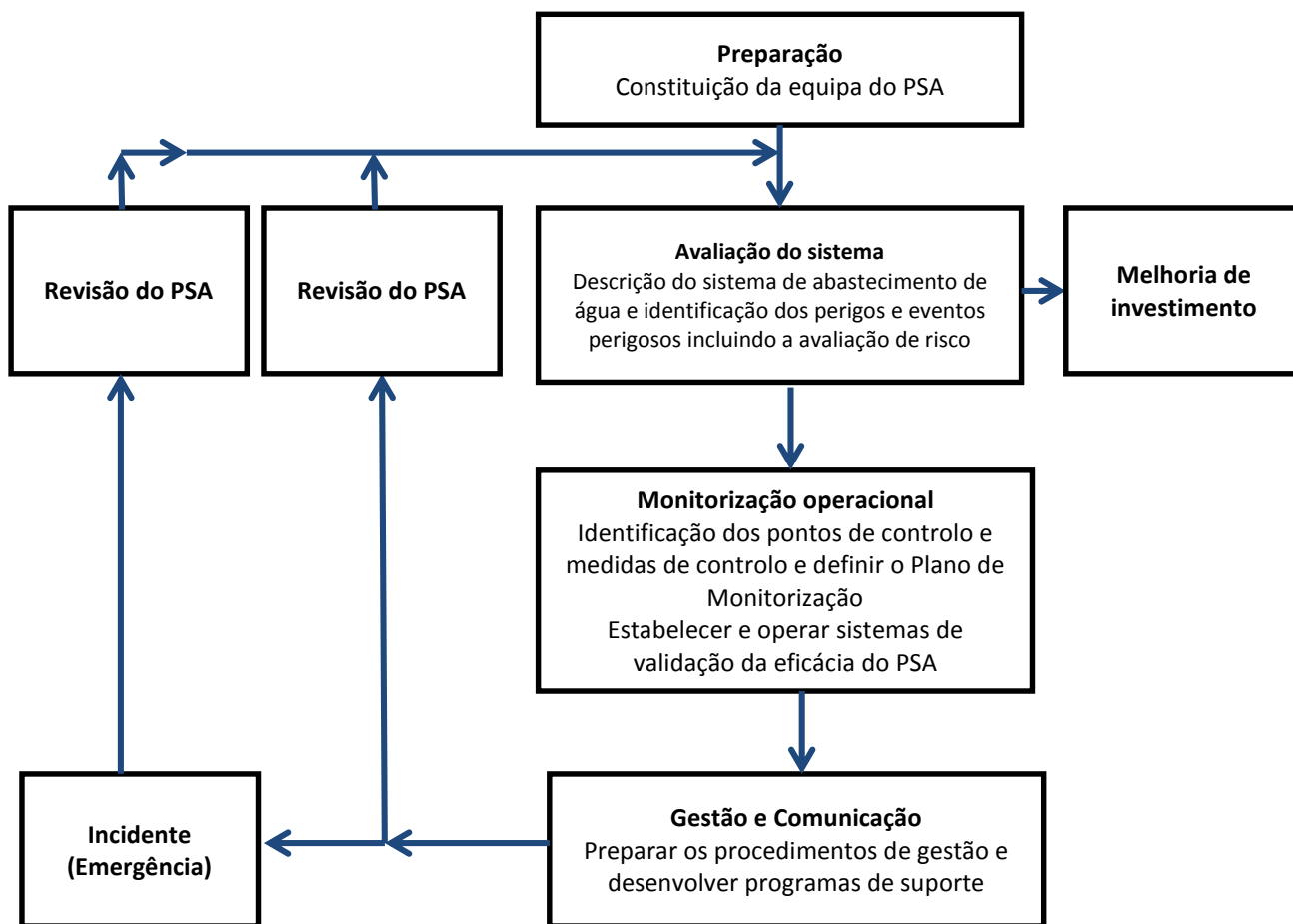


Figura 4 - Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA (adaptado de (13))

A primeira fase do desenvolvimento do PSA, a preparação, consiste na constituição da equipa de trabalho que irá desenvolver o plano. Refere-se a importância em constituir uma equipa multidisciplinar com conhecimento de todo o sistema e com competência para fazer uma avaliação inicial do mesmo, relativamente à sua capacidade de atingir os objetivos de qualidade previstos (5).

A avaliação do sistema carece de uma recolha de informação de carácter detalhado acerca de todo o sistema de abastecimento de água, incluindo informações referentes, por exemplo, ao ponto de captação de água, aos equipamentos utilizados no transporte e encaminhamento da água, detalhes das técnicas de tratamento utilizadas, entre outras (13). É nesta etapa onde são desenvolvidas as bases técnicas necessárias para a avaliação de processos de modo a identificar os perigos e avaliar os riscos que lhe estão associados em cada etapa do sistema de abastecimento de água. Pretende-se determinar se o sistema pode fornecer água com qualidade, que atenda às metas de legislação da saúde, garantido um abastecimento de água segura (5).

A fase seguinte consiste na monitorização operacional, onde se procede à identificação de Pontos de Controlo (PC) e se definem medidas de controlo no intuito de assegurar que qualquer desvio à performance requerida é rapidamente detetado. Desenvolve-se também um plano de monitorização onde são definidos limites críticos, estabelecidos procedimentos de monitorização e ainda definidas ações corretivas (isto é, procedimentos em caso de desvio às condições operatórias normalizadas) (5). Por outro lado, é nesta etapa do desenvolvimento do PSA, onde se estabelecem sistemas de validação para aferir o cumprimento do plano de monitorização. Após a identificação de pontos de controlo e a subsequente implementação de medidas de controlo é necessário verificar se essas medidas e procedimentos definidos são realmente eficazes na redução ou eliminação de riscos, assegurando a boa qualidade da água. Caso seja necessário, os riscos podem ser reavaliados, tornando este processo sujeito a uma melhoria contínua (13).

A Gestão e Comunicação consistem essencialmente na documentação dos mecanismos de gestão, incluindo detalhes da avaliação do sistema, monitorização operacional e validação. É necessário constar uma descrição das ações a serem tomadas nas condições de operação, quando existe ou não risco de não cumprimento de uma norma ou valor-alvo, ou incumprimento de um controlo operacional ou ainda se houver um risco potencial para a saúde humana. Estas ações devem ainda incluir investigações adequadas, medidas corretivas na forma de programas de melhoria, informação e comunicação (5). Os procedimentos de gestão devem ser comunicados à administração e ao pessoal operacional, para garantir que são seguidos os procedimentos corretos. Os procedimentos devem ser revistos periodicamente, na sequência de qualquer emergência e o pessoal operacional deve ser informado de quaisquer alterações introduzidas (13).

O PSA deve ser sempre sujeito a revisão, quando o sistema é sujeito a alterações, quer na captação ou nas instalações do tratamento de água, quer no sistema de distribuição, ou ainda na sequência de qualquer emergência (13).

Todo o processo de aplicação do PSA deve ser fiscalizado por uma entidade independente, o que constitui, por si só, um elemento adicional de controlo externo. Esta fiscalização pode ser exercida através de auditorias internas e externas ao próprio plano, de validação das medidas de controlo propostas e de verificação do produto final (5).

2.2.1. Preparação

2.2.1.1. Constituição da equipa do PSA

A constituição de uma equipa qualificada e dedicada é um pré-requisito para assegurar a especialização técnica necessária para desenvolver um PSA (11).

Esta equipa deve conhecer o sistema de abastecimento de água, desde a origem da água, até aos pontos de entrega, e ainda conhecer os vários tipos de riscos que afetam a segurança a serem antecipados, bem como a autoridade para implementar as mudanças necessárias, de modo a garantir a segurança da água (33). Em alguns casos, a equipa pode incluir também *stakeholders*, nomeadamente, agências de saúde pública, órgãos que definem padrões e prestadores de formação que desempenham um papel importante no fornecimento de água, com a responsabilidade coletiva de compreender o sistema de abastecimento de água e de identificar os perigos que podem afetar a qualidade e a segurança em todo o sistema (11,33).

O desenvolvimento, a implementação e a manutenção do PSA devem ser assegurados pela equipa, e devem constituir as tarefas centrais da equipa no seu dia-a-dia (11). A constituição da equipa de trabalho deve ser revista periodicamente, com membros novos, ou de substituição, se for necessário (33).

Uma equipa inclusiva, isto é, que trabalha com todas as pessoas, internas e externas à entidade gestora, é mais eficaz em relação a uma equipa dita exclusiva, que impõe a sua abordagem do PSA apenas à organização (11).

Os principais membros constituintes de uma equipa de trabalho que irá desenvolver um plano deste cariz são:

- Coordenador responsável pela condução do projeto e pela sua aplicação;
- Elementos com conhecimento do sistema e com capacidade de previsão dos perigos inerentes para garantir a qualidade de água produzida;
- Elementos com autoridade para implementar quaisquer alterações necessárias;
- Elementos responsáveis pelas análises de qualidade de água;
- Pessoas diretamente envolvidas nas operações diárias do sistema.

Numa fase inicial é importante definir a forma como a abordagem do PSA vai ser implementada e qual a metodologia utilizada, principalmente na avaliação de risco (11).

A constituição da equipa de trabalho deve atender aos seguintes tópicos (11,33):

- Envolver a gestão de topo e assegurar o apoio financeiro e de recursos;
- Identificar as especializações necessárias e a dimensão adequada da equipa;
- Nomear um chefe de equipa;
- Definir e registar as funções e as responsabilidades dos membros da equipa;
- Definir o tempo estimado para o desenvolvimento do PSA.

2.2.2. Avaliação do sistema

O principal objetivo da avaliação do sistema é assegurar que o sistema de abastecimento de água, como um todo, fornece água com uma qualidade que garante os objetivos de saúde estabelecidos (5). A avaliação do sistema engloba a descrição do sistema de abastecimento, a identificação de perigos e eventos perigosos e a avaliação de risco.

2.2.2.1. Descrição do sistema de abastecimento

Todos os sistemas de abastecimento devem ser descritos exatamente como se encontram no momento. Desta fase deve resultar um inventário, isto é, uma compilação de toda a informação disponível sobre o sistema (5). A descrição do sistema fornece as bases para todo o desenvolvimento do PSA, auxiliando a equipa na identificação dos locais mais vulneráveis a eventos perigosos, riscos e medidas de controlo (33).

Assim é essencial efetuar estudos, quando as entidades gestoras não possuem documentação sobre o sistema de abastecimento, para que seja possível a avaliação e a gestão de riscos de forma adequada. De modo a assegurar que a informação é atualizada, é necessário efetuar uma revisão sistemática, onde é verificada a exatidão da informação, que pode ser alcançada através de visitas às instalações do sistema (11).

Os principais passos que constituem a descrição do sistema de abastecimento de água, no intuito de apoiar o processo de avaliação de risco subsequente são (33):

- Recolha de informação relativa ao sistema de abastecimento de água;
- Elaboração de um fluxograma desde a fonte até ao consumidor;
- Inspeccionar o sistema para verificar se o fluxograma é correto;
- Identificação dos potenciais problemas da qualidade da água.

Assim, deve se considerar, na elaboração desta fase os seguintes aspetos (11):

- Normas de qualidade da água relevantes;
- Origens da água, incluído situações de escorrência superficial e recargas se aplicável, origens alternativas em caso de incidente;
- Alterações conhecidas ou expectáveis na qualidade da água da origem face a fenómenos climatológicos ou outras;
- Interconectividades de origens e respetivas condições;
- Detalhes do uso do solo a montante da captação;
- O ponto de captação;
- Informações relativas ao armazenamento de água;
- Informações relativas ao tratamento da água, incluindo os processos, os produtos químicos associados à água;
- Detalhes sobre a distribuição de água, incluindo a rede, o armazenamento e o transporte em camiões cisterna ou autotanque;
- Descrição dos materiais em contacto com a água em toda a cadeia de abastecimento de água;
- Disponibilidade de pessoal formado;
- Descrição da qualidade da documentação das práticas existentes;
- Identificação dos utilizadores e dos usos da água.

Importa referir que os pontos indicados não constituem uma lista exaustiva e não são todos revelantes para todos os sistemas de abastecimento.

2.2.2.2. Identificação de perigos e eventos perigosos e avaliação de riscos

Identificação de perigos e eventos perigosos

Nesta fase de desenvolvimento do PSA, importa conhecer e distinguir os conceitos perigo e evento perigoso. Enquanto que o perigo é definido como um agente físico, biológico, químico, radiológico ou restrição ou interrupção do abastecimento que podem causar danos na saúde pública, o evento perigoso define-se como um evento que introduz perigos (ou então impedem a sua remoção) no sistema de abastecimento. A título de exemplo, o evento perigoso chuvas intensas que pode introduzir perigos como os agentes patogénicos (11).

Existem vários tipos de perigos nomeadamente, perigos biológicos, químicos, físicos e radiológicos.

Os perigos biológicos normalmente são associados à presença na água de microrganismos patogénicos como bactérias, vírus, protozoários e algas tóxicas que são aptos a constituir ameaças para a saúde. A origem destes perigos é geralmente na fonte, por contaminação fecal, ou através do contacto de águas residuais que entram indevidamente no sistema. Outras possibilidades de contaminação podem ser referentes com a criação de animais no interior e à volta de reservatórios (5).

Os perigos químicos encontram-se associados à presença de substâncias químicas, que podem ocorrer naturalmente ou surgirem durante as operações e processos de tratamento e na adução e armazenamento de água, em concentrações tóxicas que podem ser nocivas para a saúde humana. No universo de substâncias químicas, destacam-se os subprodutos da desinfecção, que resultam da reação entre as substâncias utilizadas na eliminação de microrganismos e matéria orgânica, presente na água captada (5).

Quanto aos perigos físicos, estes geralmente associam-se às características estéticas da água, nomeadamente, a cor, a turvação, o cheiro e o sabor. Apesar de poderem não significar um perigo direto para a saúde humana, constituem características de apreciação que levam os consumidores a questionar a qualidade e a segurança da água. A presença de sedimentos, de materiais de condutas ou de impermeabilização de tubagens e biofilme constituem exemplos de perigos físicos de um sistema de abastecimento (5).

Os perigos radiológicos encontram-se relacionados com a probabilidade de contaminação da água a partir de fontes de radiação. Estes perigos podem resultar de uma emissão natural de

radioatividade ou então como resultado de atividades humanas. A sua origem provém de contaminação por efluentes da indústria mineira, radionuclídeos provenientes de atividades médicas ou indústrias que utilizam materiais radioativos (5).

É importante assegurar que a equipa que executa a identificação de perigos e eventos perigosos restringe o estudo aos termos de referência definidos ou corre o risco de se dispersar e tornar demasiado complexa a análise dos perigos. Todos os perigos possíveis de ser prever, devem ser enumerados em cada etapa do sistema de abastecimento de água, desde a origem até aos pontos de entrega de água (30).

A identificação de perigos e eventos perigosos deve ser realizada listando todos os potenciais perigos biológicos, físicos, químicos e radiológicos associados a cada etapa do sistema de abastecimento que podem afetar a segurança da água. Deve-se procurar determinar todos os perigos e eventos perigosos que podem contaminar a água, comprometer a sua segurança ou implicar a interrupção do abastecimento, assim como avaliar os riscos identificados em cada ponto do fluxograma elaborado previamente (11).

Os autores apresentam uma metodologia de identificação de perigos que é constituída pela análise de perigos na fonte, no tratamento e na distribuição e pela consideração de outros fatores influenciadores da ocorrência de perigos, como é o caso de variações de circunstâncias devidas ao tempo, contaminação accidental ou deliberada, tratamento de águas residuais a montante da captação, práticas de recolha de água e de armazenamento, higienização de elementos do sistema e manutenção da rede de distribuição e práticas de proteção(5).

Nesta fase devem ser considerados os seguintes aspetos (11):

- Determinação dos perigos pode ser efetuada tendo por base visitas ao terreno e mediante análise documental de dados existentes;
- A determinação dos perigos exige uma avaliação dos acontecimentos e informações do passado, assim como prognósticos baseados no conhecimento do funcionamento do sistema;
- Devem ser considerados fatores que podem ser origem de perigos e que não sejam claramente evidentes;
- Devem ser aplicadas metodologias de visão ampla e transversal na identificação de fatores de influência;

- Os perigos e eventos perigosos podem ocorrer em qualquer etapa do sistema de abastecimento de água.

Avaliação de risco

O objetivo primordial da avaliação de risco é distinguir riscos significativos de riscos menos significativos (11). A caracterização dos riscos pode ser realizada com vários graus de detalhe, dependendo do risco, da finalidade da análise, das informações, dos dados e dos recursos disponíveis (34).

Destacam-se três métodos de avaliação de risco: métodos quantitativos, qualitativos e semi-quantitativos (35).

Os métodos quantitativos envolvem o uso de dados numéricos que visam obter uma resposta numérica à estimativa da magnitude do risco e são úteis quando exista a necessidade de aprofundar o estudo para justificar o custo ou a dificuldade na adoção de soluções preventivas. No entanto, os resultados quantitativos não devem ser considerados como números exatos, mas como estimativas com uma determinada gama de variabilidade, dependendo da qualidade dos dados (35).

Os métodos qualitativos prendem-se com a utilização de determinados elementos como a comparação do histórico de dados estatísticos. A avaliação da severidade e da probabilidade de ocorrência dos riscos associados aos perigos identificados é realizada através de uma base qualitativa. Assim sendo, estes métodos são caracterizados pela subjetividade, não apresentando resultados numéricos (35).

Por último, os métodos semi-quantitativos são normalmente aplicados quando a avaliação através de métodos qualitativos se torna insuficiente e também quando a utilização dos métodos quantitativos não justifica o custo associado à sua aplicação. Assim, através de métodos simplificados, a expressão numérica para a magnitude do risco pode ser obtida, recorrendo, a título de exemplo, ao Método da matriz de risco, com uma escala de hierarquização de probabilidade de ocorrência e severidade. O risco é determinado como sendo o produto da probabilidade de ocorrência e da severidade de determinado perigo e evento perigoso (35).

Para um sistema de abastecimento de água de pequena dimensão, a avaliação de riscos apenas exige um método simplificado, como por exemplo uma decisão da equipa para cada evento

perigoso e perigo. Por outro lado, num sistema mais complexo poderá ser vantajoso estabelecer uma abordagem semi-quantitativa, recorrendo a uma matriz de risco (11).

O método simplificado da decisão da equipa envolve genericamente: uma apreciação para avaliar os eventos perigosos em cada etapa, uma determinação para averiguar se os eventos perigosos estão sob controlo e por último uma documentação para aferir se esses eventos necessitam de uma especial ou urgente atenção. Os riscos podem ser classificados como “significativos”, “incertos” ou “insignificantes”. Na Tabela 1, apresenta-se um exemplo de uma abordagem simples de priorização de riscos, recomendada pela OMS.

Tabela 1 – Abordagem simples de avaliação de riscos para sistemas de abastecimento de pequena dimensão [Adaptado de (11)]

| Descritor | Significado | Notas |
|----------------|---|---|
| Significativo | Prioritário | O risco deve ser analisado rigorosamente, de modo a se estabelecer se são necessárias medidas de controlo adicionais e se uma determinada etapa do processo deve constituir um ponto de controlo do sistema. Torna-se fulcral validar as medidas de controlo existentes, antes de se definir se são necessárias medidas de controlo adicionais. |
| Incerto | Incerteza se existe ou não um risco significativo | Para compreender se o evento perigoso e correspondente perigo constitui um risco significativo ou insignificante, podem ser necessários estudos adicionais. |
| Insignificante | Não é prioritário | O risco deverá ser descrito e documentado, sendo que futuramente deverá ser reconsiderado como parte do programa de revisão contínua do PSA, assim como todos os outros riscos. |

Uma outra abordagem caracteriza-se por ser semi-quantitativa e utiliza uma matriz de risco. Esta matriz atribui valores numéricos à probabilidade de ocorrência de determinado evento perigoso e perigo na água da torneira do consumidor e à severidade do respetivo perigo, face à saúde humana, sendo que o produto de ambos resulta num valor numérico, representante do nível de risco. A priorização de riscos é assim determinada após a classificação de cada evento perigoso e perigo com base em escalas (34).

A Figura 5 apresenta a matriz de avaliação de risco, recomendada pela OMS, que possui 5 escalas de probabilidade de ocorrência e de severidade ou consequência, resultando em quatro níveis de classificação de risco.

| Severidade ou Consequência Probabilidade de ocorrência | Insignificante ou sem impacto Classificação: 1 | Impacto de pequena severidade Classificação: 2 | Impacto estético moderado Classificação: 3 | Impacto regulamentar grave Classificação: 4 | Impacto catastrófico na saúde pública Classificação: 5 |
|---|---|---|---|--|---|
| Quase certo / Uma vez por dia Classificação: 5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| Provável/ Uma vez por semana Classificação: 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| Moderado/ Uma vez por mês Classificação: 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| Pouco provável/ Uma vez por ano Classificação: 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Raro/ Uma vez em cada 5 anos Classificação: 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pontuação de risco | <6 | | 6-9 | 10-15 | >15 |
| Classificação de risco | Baixo | | Médio | Alto | Muito alto |

Figura 5 - Matriz de avaliação de risco recomendada pela OMS

Esta abordagem tem sido utilizada e adaptada por várias entidades no setor da água. A utilização desta metodologia requiere experiência que permita distinguir casos que representam situações de perigos distintas, embora apresentem pontuações semelhantes (36). Por outro lado, eventos perigosos, que ocorrem muito raramente com consequências catastróficas, devem ser prioritárias relativamente a outros, que embora ocorrendo com maior frequência, apresentam impactos limitados na saúde.

Quando a pontuação de risco é maior que 6 (risco médio, alto ou muito alto), identifica-se um Ponto de Controlo (PC) (5).

Na fase de avaliação de riscos devem ser ponderados os seguintes aspetos (11):

- A consideração mais importante, quando se pretende avaliar o risco é o seu potencial impacto na saúde pública, embora se deve também ter em conta outros fatores, como por exemplo, os aspetos organoléticos da água, a reputação da entidade gestora de abastecimento de água, entre outros;

- A forma mais fácil de distinguir os riscos significativos dos menos significativos é através de uma tabela, onde se registem os potenciais perigos com os eventos perigosos associados, juntamente com uma estimativa da magnitude do risco como ilustra a Figura 6, que recorre à matriz de risco recomendada pela OMS para avaliar os riscos;
- Numa fase inicial, as entidades gestoras devem definir detalhadamente termos como “insignificante”, “raro”, entre outros, de modo a evitar que a avaliação se torne demasiado subjetiva. Adicionalmente é também extremamente necessário estabelecer a pontuação da matriz de risco;
- A informação base da avaliação de risco resulta da experiência e conhecimento acerca do sistema de abastecimento por parte dos membros constituintes do grupo que desenvolve o PSA, das boas práticas do sistema e da bibliografia utilizada;
- Em ocasiões, onde não se encontram dados suficientes para determinar se um risco é elevado ou baixo, deverá considerar-se sempre um risco significativo, até que investigações posteriores possam clarificar a forma como este deve ser classificado;
- A avaliação de risco deve ser específica para cada sistema de abastecimento de água, uma vez que cada sistema é único, possuindo as suas próprias características.

| <i>Etapa do processo</i> | <i>Evento perigoso</i> | <i>Perigo</i> | <i>Prob.</i> | <i>Sev.</i> | <i>Risco</i> | <i>Nível de risco</i> |
|---------------------------|--|--------------------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------|
| Origem - água subterrânea | Contaminação da água devido à presença de matéria fecal nas proximidades de um furo em episódios de precipitação elevada | Microbiológico | 3 | 5 | 15 | Alto |
| Tratamento | Ausência de uma fonte de alimentação de energia elétrica alternativa | Microbiológico e químico | 2 | 5 | 10 | Alto |
| Distribuição | Rotura nas condutas adutoras | Microbiológico | 5 | 3 | 15 | Alto |

Figura 6 – Avaliação de riscos utilizando a abordagem semi-quantitativa

2.2.3. Monitorização operacional

A monitorização operacional garante, de forma estruturada e organizada, o suporte à gestão da operação do sistema, contribuindo para que as medidas de controlo sejam eficazes. O principal objetivo é então garantir o controlo dos riscos detetados e assegurar que sejam alcançados os objetivos da qualidade da água (5). Esta fase de desenvolvimento do PSA engloba a identificação de Pontos de Controlo Crítico (PCC), a identificação, avaliação e validação de medidas de controlo e o plano de monitorização operacional.

2.2.3.1. Identificação de Pontos de Controlo Crítico (PCC)

A identificação de pontos de controlo críticos constitui um dos princípios relativos ao procedimento HACCP. Para a prossecução desta fase de trabalho, recomenda-se a utilização de uma ferramenta designada árvore de decisão (30). Esta metodologia baseia-se num processo iterativo de respostas a um conjunto de questões que devem ser colocadas a cada evento perigoso e perigo, de modo a concluir-se se uma determinada fase do processo constitui, ou não um PCC. A Figura 7 apresenta a árvore de decisão recomendada pelo Codex Alimentarius, apresentada pela metodologia HACCP.

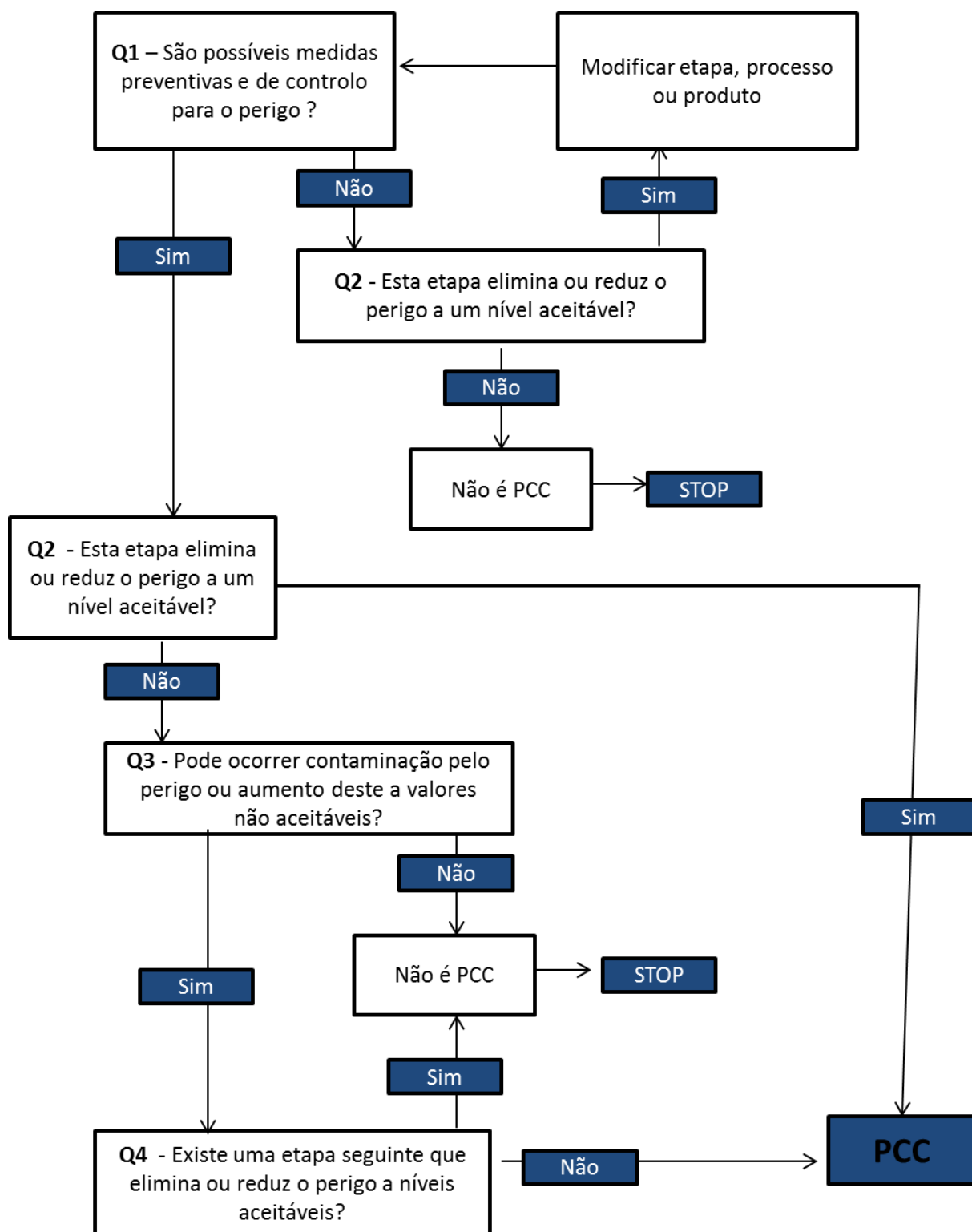


Figura 7 - Árvore de decisão recomendada pela Codex Alimentarius para a determinação de Pontos Críticos de Controlo (Adaptado de (30))

A árvore de decisão apresentada constitui-se por um conjunto de quatro questões.

À primeira questão “São possíveis medidas preventivas e de controlo para o perigo”, se a resposta for afirmativa, deve passar-se à subsequente questão, para aferir se o controlo é necessário de modo a garantir a segurança da água. Caso não for necessário um controlo nesse determinado ponto, então não é um PCC. Caso contrário, torna-se imperativo modificar a etapa, processo ou produto. Note-se que a Norma EN ISO 22000:2005, referente a sistemas de gestão da segurança alimentar, define medida de controlo como uma “ação ou atividade que pode ser utilizada para prevenir ou eliminar um perigo para a segurança alimentar, ou reduzi-lo para um nível aceitável.”

A segunda questão “Esta etapa elimina ou reduz o perigo a um nível aceitável?” deve ser respondida com o auxílio do fluxograma do sistema, uma vez que é a operação ou a fase do processo que está a ser colocada em evidência e não as medidas de controlo. O propósito desta questão é averiguar se a operação ou fase do processo consegue controlar o perigo. Se a resposta for afirmativa, então considera-se um PCC. Pelo contrário, se a resposta for negativa, deve passar-se à questão seguinte.

A terceira questão da árvore de decisão “Pode ocorrer contaminação pelo perigo ou aumento deste a valores não aceitáveis?” requer uma avaliação de perigos, bem como um correto conhecimento do processo. Caso não exista total confiança na resposta a esta questão, deve-se assumir sempre a resposta afirmativa, agindo preventivamente, passando-se à questão seguinte. Por outro lado, se a resposta for negativa, não se considera um PCC no ponto em causa.

A quarta e última questão pretende avaliar se, embora exista um perigo nesta fase do processo, este consegue ser eliminado numa outra fase a jusante do processo. Uma resposta negativa identifica um PCC, o que não acontece quando a resposta é afirmativa (5).

Importa referir que não existe um limite para o número de PCC, dependendo do processo e do tipo de produto (30).

A aplicação da árvore de decisão permite concluir os seguintes aspetos(5):

- O controlo de um perigo pode ser mais eficiente numa fase a jusante do processo, considerando aí um PCC;
- Uma medida de controlo pode controlar vários perigos;
- O controlo de determinado perigo pode envolver várias fases do processo.

2.2.3.2. Identificação, avaliação e validação de medidas de controlo

O cumprimento dos objetivos da saúde pública pode ser assegurado através da avaliação e planeamento das medidas de controlo (5). As medidas de controlo são por vezes referidas como barreiras e correspondem a etapas no sistema, que afetam diretamente a qualidade da água e garantem que a água cumpre as metas estabelecidas (11). Deste modo, a identificação e aplicação das medidas de controlo devem ser baseadas no princípio das barreiras múltiplas, onde se considera que a falha de uma barreira pode ser compensada pelo correto funcionamento das barreiras remanescentes.

Esta fase da elaboração do PSA envolve as seguintes subfases (5,11):

- Documentação de todas as potenciais e existentes medidas de controlo desde a captação até à torneira do consumidor;
- Averiguar se o controlo existente dos perigos é eficaz, através de inspeções periódicas às instalações, especificação do fabricante ou por dados de monitorização;
- Avaliação das medidas de controlo alternativas e adicionais em caso de melhorias a aplicar no sistema de abastecimento de água.

De acordo com a OMS, as medidas de controlo existentes devem ser determinadas para cada um dos perigos e correspondente evento perigoso identificado, sendo que quando necessárias, mas ainda não implementadas devem ser documentadas e abordadas de forma clara. (11)

Na Figura 8, encontram-se alguns exemplos de medidas de controlo a serem adotadas nos sistemas de abastecimento de água.

| <i>Componente do sistema de abastecimento</i> | <i>Medidas de controlo</i> |
|---|---|
| Bacia hidrográfica | - Controlo das atividades humanas dentro das fronteiras da bacia hidrográfica |
| Reservatório de água bruta e área de captação | - Proteção de linhas de água - Localização adequada de poços - Estabelecimento de programas de limpeza para remoção da matéria orgânica |
| Sistema de tratamento | - Controlo dos produtos químicos utilizados no tratamento - Tratamento alternativo para dar resposta a situações ocasionais |
| Sistema de distribuição | - Boas práticas em trabalhos de reparação e manutenção de condutas - Garantia de pressões adequadas na rede de abastecimento |

Figura 8 – Exemplos de medidas de controlo a implementar nos sistemas de abastecimento de água (adaptado de (5))

A validação da eficácia das medidas de controlo pretende averiguar se o controlo dos perigos é eficaz, de modo a assegurar que é realizado um controlo dos riscos em níveis aceitáveis, não comprometendo a qualidade da água e consequente saúde pública.

Segundo a OMS, os principais aspetos a ter em conta na validação da eficácia das medidas de controlo são (11):

- Pode ser exigido um programa intensivo de monitorização (que não deve ser confundido com a monitorização operacional), para justificar a eficácias das medidas em circunstâncias normais e ocasionais;
- Tendo em conta que o desempenho de uma medida de controlo pode influenciar outras subsequentes, a validação das medidas não deve ser realizada isoladamente no ponto do sistema;
- Em situações em que uma medida de controlo é aplicada durante um tempo considerável, existindo assim dados operacionais suficientes, não é necessário proceder à sua validação;
- Deve se monitorizar a eficácia das medidas de controlo, durante as operações, recorrendo a limites críticos superiores e inferiores predefinidos.

Podem ser utilizadas várias metodologias na validação das medidas, como por exemplo, na validação dos perímetros de segurança numa captação subterrânea, podem ser realizadas inspeções, para assegurar que o risco de contaminação de água por agentes patogénicos seja mínimo. No caso da validação de uma fonte de energia alternativa, pode-se verificar se esta é ativada quando ocorrem falhas de energia (11).

2.2.3.3. Plano de Monitorização

Um plano de monitorização deve conter os parâmetros que devem ser monitorizados e controlados e os correspondentes limites críticos (LC), procedimentos de controlo operacional e procedimentos em caso de desvio aos limites críticos definidos, designadamente ações corretivas (5).

Para cada parâmetro identificado é necessário estabelecer um LC. Os LC correspondem a objetivos a serem cumpridos pelo sistema, que garantem a qualidade da água dentro dos limites impostos pela legislação em vigor. São assim determinados os objetivos a serem cumpridos pelo sistema, garantindo assim a qualidade da água dentro dos limites impostos pela legislação (5).

Para cada perigo potencial é extremamente essencial definir estes limites. Quando estes limites são ultrapassados, considera-se uma situação de incumprimento. Quanto à tipologia destes objetivos, podem ser definidos limites superiores, inferiores, ou até um intervalo de valores. Recomenda-se que se imponha uma margem de segurança relativamente aos valores estabelecidos na legislação, assim como se deve atender ao histórico dos dados de qualidade, registados num período suficientemente alargado, para garantir a fiabilidade na análise (5).

Quanto aos procedimentos de controlo, que verificam o cumprimento dos LC estabelecidos, devem ser fixados os pontos de amostragem que garantem a representatividade da qualidade da água, bem como a frequência de amostragem. Na fonte de água bruta, a monitorização operacional deve considerar as características da origem da água e ao seu nível de contaminação. No tratamento, deve-se atender aos processos envolvidos, e adequar os parâmetros respetivos. Relativamente à distribuição da água tratada, a monitorização deve considerar a concentração de cloro residual, pressão e turvação (5).

Os procedimentos em caso de desvio, também denominados como ações corretivas, devem ser aplicados em situações onde é detetado que os LC foram ultrapassados, garantindo o seu controlo dentro dos valores aceitáveis. Note-se que em certas etapas da água no sistema de abastecimento, estas ações devem ser aplicadas quase instantaneamente para evitar consequências catastróficas (5).

2.2.3.4. Validação do Plano de Segurança de Água

De acordo com a OMS é necessário realizar uma validação ao PSA para conseguir garantir que os sistemas de abastecimento de água operam em segurança (29).

Esta avaliação pretende verificar se todos os seus elementos são eficientes e se a informação de suporte está de acordo com os objetivos de qualidade da água, e portanto, a conformidade do PSA com as políticas de saúde pública (5).

Neste sentido, é necessário realizar uma verificação de métodos, procedimentos ou testes que são aplicados na validação do PSA, incluindo também a revisão de procedimentos de monitorização, dos pontos de controlo, das medidas de controlo, dos testes químicos e microbiológicos, ou a revisão da totalidade do PSA (5).

A verificação envolve três atividades que devem ser executadas de forma simultânea para demonstrar que o PSA funciona eficientemente: a monitorização da conformidade, as auditorias quer interna quer externa e a satisfação dos consumidores (11).

A monitorização da conformidade deve ser aplicada a todas as medidas de controlo, num regime definido que valide o desempenho da eficácia e da monitorização em relação aos limites definidos. Quando são obtidos resultados inesperados, torna-se necessário desenvolver planos de operação com ações corretivas, no sentido de corrigir a situação e compreender os motivos que tiveram como origem estes resultados (11).

As auditorias internas e externas devem ser realizadas anualmente, incluindo uma crítica de todos os aspetos que compreendem perigos para a qualidade da água. Devem ser também consideradas todas as instalações, desde as zonas de proteção, à captação até aos reservatórios (pontos de entrega), assim como os processos relevantes incluídos no sistema de qualidade da entidade gestora do sistema (5).

Por último, a verificação inclui também a confirmação de que os consumidores estão satisfeitos com a água que é fornecida pelo sistema de abastecimento de água (11).

2.2.4. Gestão e Comunicação

Para atingir os seus objetivos, o PSA deve conter procedimentos de gestão, que descrevem as ações a tomar, e ainda desenvolver programas de suporte (5).

Os procedimentos de gestão fazem parte integral do PSA e documentam as ações a serem executadas quando o sistema se encontra em funcionamento sob condições normais (procedimentos operacionais normalizados) e quando o sistema se encontra em situações de desvio. Estes procedimentos devem ser revistos quando necessário, especialmente nas revisões de incidentes ou emergências. Os gestores possuem a responsabilidade de assegurar que os procedimentos se encontram sempre atualizados, auxiliando na tomada de decisão em situações complexas. Em situações onde for detetado que um processo decorre ultrapassando os limites críticos definidos, é necessário restabelecer o funcionamento, corrigindo o desvio. Note-se que é fulcral desenvolver ações corretivas que identifiquem respostas operacionais específicas, na sequência de desvios aos limites estipulados. Quando acontecem incidentes não previstos, para os quais ainda não foram definidas ações corretivas, deve ser aplicado um plano de emergência genérico. Após uma emergência, deve ser realizada uma investigação, onde devem ser avaliados, quanto à sua adequabilidade os procedimentos em causa. Neste sentido, devem também ser desenvolvidos relatórios apropriados acerca da situação de emergência, incluindo a análise da causa e a resposta à mesma (11).

No que concerne aos programas de suporte, estes incidem no desenvolvimento de competências e conhecimentos dos colaboradores, o seu compromisso com o PSA e a sua capacidade para gerir sistemas de abastecimento de água potável. Assim, as áreas abrangidas por estes programas residem essencialmente nas áreas de formação, investigação e desenvolvimento. Neste intuito, é necessário identificar quais os programas de suporte necessários à implementação do PSA; examinar os programas existentes e proceder à sua atualização e desenvolver programas adicionais para ultrapassar lacunas de formação dos colaboradores que possam dificultar a implementação do PSA (11).

2.3. Benefícios e dificuldades na implementação dos Planos de Segurança da Água

A implementação de planos deste cariz acarreta não só vários benefícios na gestão do sistema de abastecimento, mas também algumas dificuldades por parte das entidades gestoras.

Benefícios

Decorrente da abordagem PSA, surgem várias alterações benéficas para o sistema de abastecimento, designadamente: alterações na estrutura organizacional do sistema de abastecimento, alterações nos procedimentos diários, uma maior sensibilidade quanto aos riscos, por parte dos operadores, práticas de gestão mais eficientes, melhorias na conformidade da qualidade da água perante a legislação em vigor e redução das reclamações dos clientes (37).

Particularmente em Portugal os principais benefícios verificados e inerentes à implementação de um PSA, por parte das entidades gestoras consistem na redução dos incumprimentos dos Valores Paramétricos (VP) estipulados na legislação em vigor; no aumento da consistência e regularidade da qualidade da água fornecida; na focalização da gestão do controlo operacional nos aspetos críticos que determinam a segurança da água; no conhecimento, adaptação e controlo dos perigos expectáveis no sistema de abastecimento; no aumento da eficiência do sistema de abastecimento; na melhoria da comunicação interna e externa; na intervenção mais eficaz em situações de emergência e num aumento da confiança e satisfação por parte dos consumidores (25).

Dificuldades

Por outro lado, existe a possibilidade dos gestores do sistema de abastecimento considerarem esta abordagem como a criação de trabalho adicional e desnecessária. A título de exemplo, verifica-se que para os serviços públicos que cumprem as normas de qualidade da água, o desenvolvimento de um PSA pode ser desmotivante, resultando num desinteresse na identificação de novos riscos. Quando existem programas de gestão da qualidade, a mudança para uma abordagem PSA, pode ser vista como redundante, e a transição para o PSA pode ainda acarretar custos e tempo acrescidos. De facto, a curto prazo, a implementação de um PSA pode promover um aumento dos custos, mas só no início do período de implementação, devido a reparos que são necessários, de modo a prevenir riscos significativos. Contudo, ressalta-se que a longo prazo, o PSA é uma ferramenta que pretende reduzir os custos associados ao fornecimento de água potável, recorrendo a práticas operacionais mais eficazes e no uso eficiente da água (37).

Alguns fatores como a rotatividade dos operadores, um registo de histórico pobre, podem tornar a tarefa de avaliação do sistema um pouco dificultosa. No entanto, note-se que não será o acesso limitado a dados de histórico que irá descartar a oportunidade de realizar e beneficiar desta abordagem(37). Por outro lado, os autores Eze-Phil O. P. e Ezenwaji E. discordam e referem que os planos apenas são eficientes se existir informação disponível. Apontam também como limitação a incapacidade do plano em alcançar questões como a quantidade de água, ou de decidir, por exemplo, quais as prioridades do uso da água, abrangendo apenas a qualidade da água. Todavia, a ausência de um PSA em qualquer concessionária gestora de um sistema de abastecimento suscita dúvidas relativamente à qualidade da água fornecida (38).

Especificamente em Portugal, as principais dificuldades decorrentes da implementação de um PSA, por parte das entidades gestoras, num sistema de abastecimento de água prendem-se com a ausência de dados na temática de perigos e na seleção da metodologia a aplicar na avaliação do risco; a aplicação de medidas de controlo na origem da água captada; a comunicação, envolvimento e cooperação entre os *stakeholders*; a limitação dos recursos humanos e financeiros na implementação do plano e a execução de medidas de prevenção; a inexistência de legislação acerca de mecanismos de monitorização e regulação, apesar da publicação de algumas recomendações em português e em línguas estrangeira; e a insuficiência de alguns processos de tratamento de água para garantir o fornecimento de água segura à população (25).

2.4. A implementação dos Planos de Segurança da Água pelo mundo

A nível internacional verifica-se um movimento crescente na aplicação do PSA. Em alguns países, nomeadamente Alemanha, Austrália, França, Holanda, Nova Zelândia e Suíça têm sido ensaiados movimentos no sentido de aplicar esta abordagem de segurança preventiva através de um processo de identificação, avaliação e gestão de riscos (39), tornando esta abordagem cada vez mais importante na gestão da água (40).

O PSA tem sido também implementado em vários países, como nas Honduras, no Canadá, na Inglaterra, no País de Gales, as regiões da América Latina e Caribe e no Brasil. Cada país tem realizado a sua experiência de maneira singular, conforme os seus desenhos institucionais e arcabouço legal. Além disso, foi demonstrado que o PSA pode ser implementado e coordenado por diferentes instituições, tais como as empresas responsáveis pelos serviços de abastecimento de água, agências reguladoras de abastecimento de água, entre outras (41).

Destaca-se também a criação de várias redes internacionais que se revelam essenciais na divulgação de abordagens e metodologias que concorrem para o fornecimento de água segura, como é o caso da *Bonn Network*, a *Latin America and Caribbean WSP Network*, a *African WSP Network* e a *Asian WSP Network*. Estas redes promovem a partilha de informação e de experiências entre os seus associados, a realização de conferências acerca desta temática, a divulgação de conhecimento e experiências, contribuindo assim num aumento de consciência sobre a necessidade de fornecer e consumir água segura, e portanto, a disseminação do conceito do PSA (25).



Na União Europeia, a Diretiva 98/83/CE regulamentadora da qualidade da água destinada ao consumo humano, embora não esteja estruturalmente organizada com esta metodologia, adotando o princípio do controlo da qualidade da água através da análise da sua conformidade com valores paramétricos estabelecidos, enfatiza preocupações de gestão de segurança. A Diretiva encontra-se em processo de revisão, sendo expectável que ocorra a introdução do conceito do PSA, aproximando-se a legislação europeia aos princípios metodológicos da gestão preventiva dos riscos recomendados pela OMS (43).

Em Portugal, a primeira experiência da aplicação da abordagem do PSA surgiu na empresa Águas do Cávado (43), tendo vindo a alastrar-se pelas outras empresas, nomeadamente Águas do Algarve, Águas do Cávado, Águas do Douro e Paiva, Águas do Noroeste, EPAL e Águas do Vouga (39,44).

Adicionalmente, salienta-se a publicação do guia técnico intitulado “ Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento” pela entidade reguladora ERSAR com o objetivo de “ apoiar as entidades gestoras na salvaguarda da fiabilidade do serviço que prestam, prevendo atempadamente as medidas a tomar em caso de ocorrência de fenómenos naturais ou provocados, que de forma alguma, possam pôr em causa a qualidade do serviço e a salvaguarda da saúde pública” (5).

3. Sistema Regional do Carvoeiro

Este capítulo apresenta uma descrição detalhada do Sistema Regional do Carvoeiro, estruturando-se em cinco secções. Após uma breve descrição dos principais marcos históricos do sistema de abastecimento, apresenta-se a secção 3.1 que aborda a origem da água bruta captada, e seguidamente, a secção 3.2 que descreve as infraestruturas das duas formas de captação de água bruta existentes. As operações de tratamento da água realizadas na ETA do Carvoeiro, são descritas na secção 3.3 e as operações de tratamento de lamas produzidas na secção 3.4. Por último apresenta-se a última secção deste capítulo, 3.5 que descreve a gestão e o controlo do sistema de abastecimento, mencionando os programas de controlo da qualidade da água implementados, bem como um *software* específico de gestão operacional.

O Sistema Regional do Carvoeiro (SRC) foi criado para promover o abastecimento de água aos municípios integrados na Associação de Municípios do Carvoeiro-Vouga (AMC-V), constituída em 22 de Outubro de 1986 e englobando os municípios de Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Estarreja, Ílhavo e Murtosa. As obras da conceção tiveram início no ano de 1989 e concluíram-se em 1995. O abastecimento de água iniciou-se em agosto de 1996 (19,45). Até maio de 2015, a água era captada através de dois poços e dez furos localizados no Rio Vouga (19,45)¹. O tratamento, uma vez que a água era sujeita à capacidade filtrante do leito do rio, antes de ser captada nos poços e furos, apenas se resumia a uma remineralização com adição de cal e dióxido de carbono, para correção da agressividade e uma desinfecção com recurso ao cloro gasoso. Adicionalmente, em determinados reservatórios, era realizada recloração com hipoclorito de sódio. O SRC compreendia 16 reservatórios, 3 estações elevatórias e 112 km de condutas adutoras, abastecendo 270 mil habitantes, nos seis concelhos que integravam a Associação, com um consumo médio diário de 30396 metros cúbicos (45).

No dia 20 de junho de 2012, a AMC-V e a empresa concessionária Águas do Vouga, S.A. assinaram um Aditamento ao Contrato de Concessão, no sentido de servir todo o município de Águeda e os municípios de Oliveira do Bairro e Vagos, contemplando também o reforço do abastecimento de água para os restantes municípios. Esta ampliação denominou-se “Expansão do Sistema Regional do Carvoeiro – SRC II”.

¹ Os dois poços tinham já sido construídos em 1977 e 1981 (75).



Figura 10 - Área de concessão abrangida pelo SRC após a obra de expansão

Este projeto surgiu por necessidade, visto que o Sistema Regional do Carvoeiro estava a atingir o seu limite de capacidade e já enfrentava dificuldades de abastecimento de água nos meses de verão (19). Além disso, foram registadas ocorrências de problemas de colmatção no leito do rio, o que limitava as condições operacionais (22).

Assim neste âmbito foram destacadas várias intervenções a realizar num período de tempo de dois anos (2012 a 2014), nomeadamente (19):

- A execução de uma captação de água superficial;
- A execução de uma ETA para 209 l/s para tratar a água captada superficialmente, contemplando também a adaptação da ETA do Carvoeiro no processo de remineralização e na eliminação de cianobactérias. Na totalidade, a capacidade do tratamento de água passa a ser de 635 l/s;
- A execução do sistema adutor em alta, incluindo os reservatórios necessários para abastecer os novos municípios (Águeda, Oliveira do Bairro e Vagos) e a inserção no sistema de telegestão e telecontrolo centralizado existente;
- O reforço dos reservatórios existentes e algumas estações elevatórias, uma vez que o volume é insuficiente;
- O reforço das condutas adutoras do sector norte, no sentido de aumentar a capacidade de transporte;
- O abastecimento a um novo ponto de entrega localizado em Ílhavo;

- No sentido de dar maior fiabilidade ao sistema, evitando a sua inacessibilidade, em ocasiões de inundações do Rio Vouga, a redundância da conduta adutora do Baixo Vouga.

No que concerne aos trabalhos a realizar na ETA do Carvoeiro, no intuito de reforçar a capacidade de tratamento e reabilitar as instalações existentes, foram compreendidos genericamente os seguintes pontos (22):

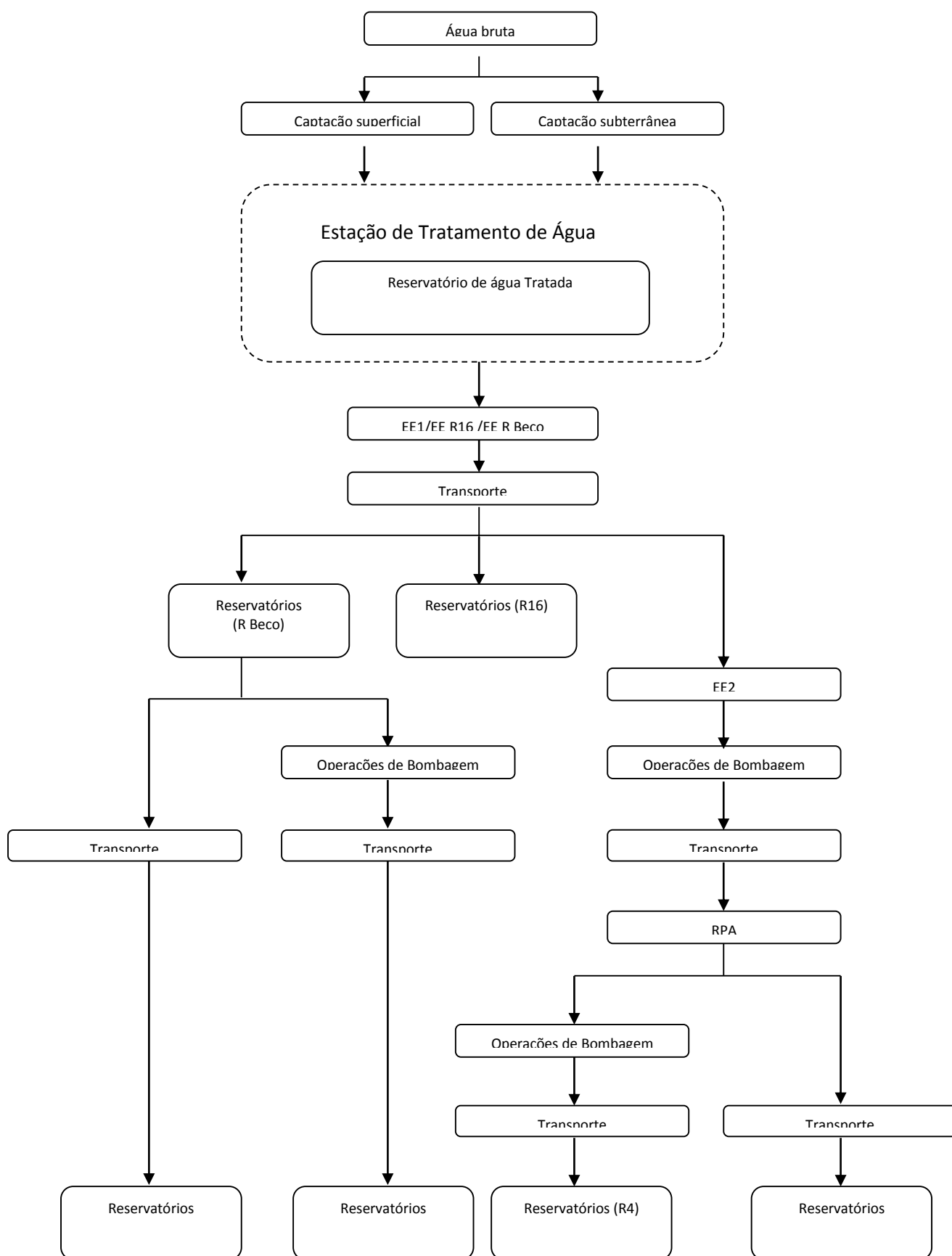
- Alteração do traçado das atuais condutas de água bruta de poços e furos e do respetivo ponto de entrega;
- Substituição dos silos de cal existentes para novos silos com maior capacidade;
- Substituição do sistema de dosagem de cal e reabilitação da produção de leite de cal;
- Substituição do sistema de neutralização de fugas de cloro por soda cáustica;
- Alteração do ponto de dosagem de cloro;
- Execução das etapas de tratamento da nova ETA (Pré-ozonização, coagulação, floculação, flotação, filtração com areia antracite e zeólitos, ozonização intermédia, filtração com filtros de Carvão Ativado Granular (CAG)), contemplando a linha de lamas (equalização, flotação e desidratação de lamas);
- Execução do reservatório de água tratada.

De forma genérica, apresenta-se na Tabela 2, um resumo das principais infraestruturas adicionadas após a expansão.

Tabela 2- Infraestruturas do SRC e do SRC II

| <i>Infraestrutura</i> | <i>SRC</i> | <i>Expansão – SRC II</i> | <i>Total</i> |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|
| Conduas adutoras (km) | 112 | 136 | 248 |
| Reservatórios | 16 | 17 | 33 |
| Estações elevatórias | 3 | 2 | 5 |
| Captação subterrânea | 12 | 0 | 12 |
| Captação superficial | 0 | 1 | 1 |
| Estação de tratamento (ETA) | 1 | 0 | 1 |

O SRC consiste num projeto constituído por um conjunto de órgãos de captação, tratamento, adução, e armazenamento de água desde a sua origem até aos pontos de entrega nos concelhos associados. A Figura 11 apresenta o diagrama de fluxo do SRC.



3.1. Origem da água

A fonte de água subterrânea e superficial do Sistema Regional do Carvoeiro localiza-se na aluvião do Rio Vouga, no lugar do Carvoeiro. O Rio Vouga é o rio principal da bacia hidrográfica do Vouga.

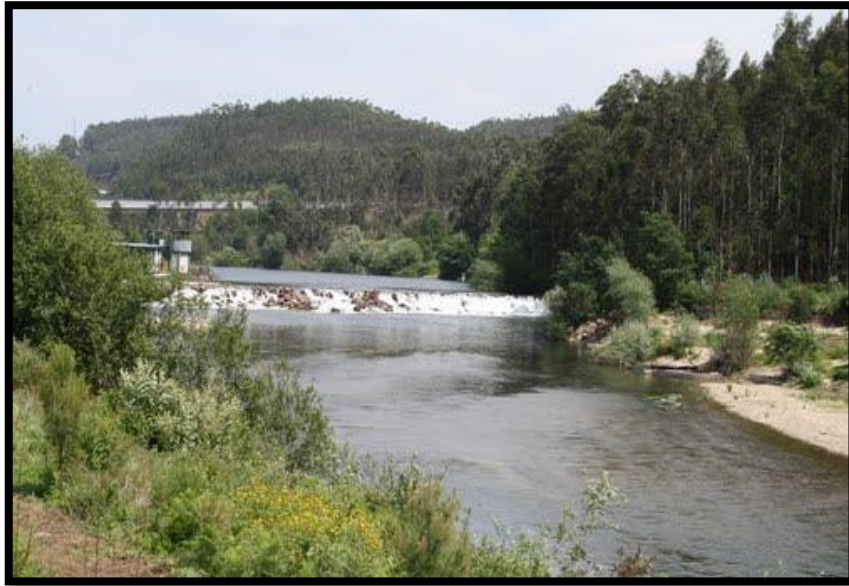


Figura 12 – Aluvião do rio Vouga no Carvoeiro

A bacia do rio Vouga situa-se na região central de Portugal e compreende um conjunto hidrográfico de rios que desaguam perto da foz do Vouga numa laguna que comunica com o mar, denominada Ria de Aveiro. O rio Vouga nasce na serra da Lapa, a cerca de 930 m de altitude, percorrendo cerca de 148 km segundo a direção NE-SW até desaguar na Barra de Aveiro. Esta bacia ocupa uma área de cerca de 3658 km² e abrange na totalidade os concelhos de S. João da Madeira, Ovar, Oliveira de Azeméis, Vale de Cambra, Estarreja, Murtosa, Albergaria-a-Velha, Sever do Vouga, Oliveira de Frades, Vouzela, S. Pedro do Sul, Aveiro, Ílhavo, Vagos, Águeda, Oliveira do Bairro, Anadia, Mealhada, Mira, e parte dos concelhos de Cantanhede e Feira (46).

Os rios principais são o próprio Vouga, o Águeda, o Cértima, o Caster, o Antuã, o Boco e a ribeira da Corujeira.

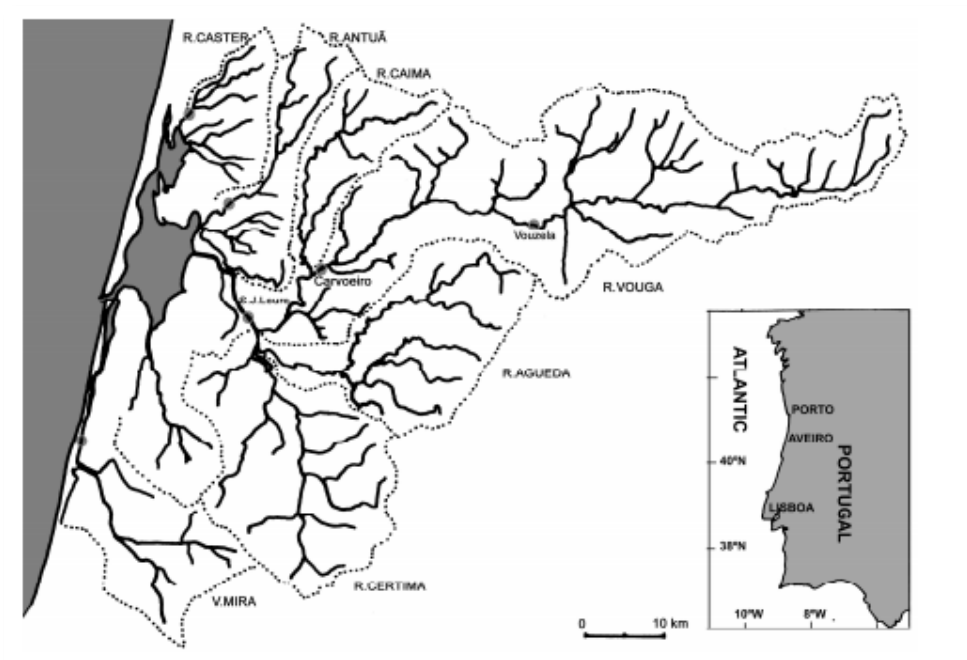


Figura 13 – Bacia hidrográfica do rio Vouga [Fonte: (69)]

A bacia hidrográfica do Vouga encontra-se espacialmente limitada pela bacia do rio Douro, e pela bacia do rio Mondego, a norte e a sul respetivamente. É ainda delineada a sul pela serra do Buçaco e a norte pelas serras da Lapa, Montemuro, Freita e Leomil. Esta bacia possui duas grandes unidades geológicas e morfoestruturais que condicionam a possibilidade de armazenamento de água e a circulação no ambiente subterrâneo, designadamente o Maciço Antigo e a Orla Mesocenozóica Ocidental que se encontram separadas pelo alinhamento tectónico que se desenvolve entre as cidades de Porto e Tomar (47).

Qualidade da água bruta

O programa operacional de controlo da qualidade da água no SRC contempla a análise de amostras de água do rio Vouga. No capítulo 4 são analisados alguns dos resultados obtidos na perspetiva de identificar perigos resultantes da qualidade da água captada superficialmente.

3.2. Captação

O SRC compreende duas tipologias de captação, uma subterrânea realizada através de poços e furos e uma superficial através de uma infraestrutura apropriada.



Figura 14 – Órgãos de captação subterrânea e superficial, à esquerda e à direita respetivamente

A captação subterrânea alberga dois poços e dez furos, sendo que o poço de montante possui 12 metros de profundidade, até ao *bed-rock* (leito do rio), 2,5 m de diâmetro e 28 m de dreno à profundidade média de 3.10 m. O poço de jusante que dista daquele em cerca de 50 m tem de profundidade 11 m, diâmetro 2,5 m, 21 m de dreno à profundidade média de 4 m. Os furos, encamisados em tubo inox, têm um diâmetro de 450 mm e com profundidades entre os 10 e os 12 m. O comprimento do dreno é variável (19,45).

A captação superficial é realizada através de uma tomada de água instalada no leito do rio, constituída por um conjunto de quatro filtros duplos, dimensionados para um caudal total de captação de 1060m³/h, com limpeza por ar comprimido, com uma distância entre os filtros de 3m e a distância do filtro mais próximo da margem a esta é cerca de 25 m (48).

Qualidade da água captada nos poços e furos

No intuito de resolver os problemas da concentração de sólidos suspensos e o número de bactérias coliformes fecais, a água é filtrada através do terraço fluvial atravessado pelas captações.

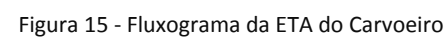
O programa operacional de controlo da qualidade da água no SRC contempla a análise de amostras de água das captações, que recebeu a filtração pelos aluviões sob o leito do rio. No capítulo 4 são analisados alguns dos resultados obtidos no sentido de identificar eventuais perigos.

3.3. Operações de tratamento da água

O tratamento da água captada é realizado na Estação de Tratamento de Água (ETA) do Carvoeiro. Esta constitui-se por uma sequência de processos de tratamento da linha líquida e sólida, abrangendo também uma infraestrutura de elevação, designadamente Estação Elevatória Intermédia (EEI).

Na linha de tratamento de água, a água captada superficialmente é sujeita a um tratamento de pré-ozonização, seguindo para uma câmara de mistura rápida onde se processa a coagulação, dirigindo-se em seguida para câmara de mistura lenta onde se dá a floculação. Os flocos formados nestas etapas de tratamento são removidos na fase subsequente a flotação, seguindo para a filtração com filtros de areia/antracite zeólitos. Após estas etapas prossegue-se a elevação da água superficial através da EEI até às câmaras de ozonização. Numa outra conduta, a água captada através de poços e furos é introduzida também nas câmaras de ozonização intermédia, resultando assim numa mistura de água superficial e subterrânea na etapa de ozonização intermédia, prosseguindo para as etapas de filtração com filtros de carvão ativado granular (CAG), e posterior correção do equilíbrio calco-carbónico. Note-se que a água captada a nível subterrâneo só é introduzida na etapa de ozonização intermédia, se a qualidade da mesma assim o exigir. Caso contrário, apenas é submetida aos processos de equilíbrio calco carbónico e à última etapa de tratamento da linha líquida, a desinfecção (22).

Relativamente à linha de tratamento de lamas, isto é, a sequência de tratamento e encaminhamento de lamas produzidas na fase líquida, incluindo lavagens efetuadas aos filtros, existe um tanque onde se processa a equalização de lamas. Após a homogeneização, as lamas são sujeitas a uma etapa de flotação, prosseguindo para uma desidratação mecânica realizada com recurso a uma centrífuga. As lamas desidratadas são encaminhadas para o operador licenciado (22). A Figura 15 apresenta o diagrama de fluxo da ETA do Carvoeiro, incluindo a Estação elevatória intermédia da ETA do Carvoeiro.



3.3.1. Pré-ozonização

A ozonização é uma operação que recorre ao ozono como oxidante e que desempenha vários papéis importantes no tratamento de água potável. Os oxidantes químicos são utilizados para oxidar e reduzir espécies inorgânicas como o ferro, o manganês, os sulfuretos e compostos orgânicos sintéticos perigosos, nomeadamente tricloroetileno e atrazina (49). São também utilizados para eliminar compostos que causam o gosto e o odor e ainda para eliminar a cor da água. Por outro lado, por vezes os oxidantes químicos podem melhorar o desempenho de coagulantes ou reduzir a quantidade necessária dos mesmos, no processo de tratamento posterior coagulação-floculação que irá ser descrito mais à frente.

Tendo em conta que muitos oxidantes possuem também propriedades biocidas, são utilizados para controlar o crescimento de organismos aquáticos, tais como as algas. Em certos casos são utilizados como desinfetantes primários, no intuito de satisfazer os requisitos CT (concentração de desinfetante / tempo de contacto com o desinfetante) (49).

Os oxidantes comuns mais utilizados nestes processos de tratamento são o cloro, o ozono, o dióxido de cloro e o permanganato. Todos eles podem reagir com outros compostos, como por exemplo com a matéria orgânica e com brometos em vários níveis, dependendo das propriedades do oxidante para formar subprodutos de oxidação, alguns dos quais podem ter efeitos adversos para a saúde pública ou então, resultar em problemas operacionais ETA ou no sistema de distribuição (49).

O ozono como oxidante

O ozono (O_3) é um gás que geralmente é gerado *in-situ*. A energia necessária para produzir o elemento livre de oxigénio (O), a partir da molécula de oxigénio (O_2) é normalmente fornecida por uma descarga elétrica. O ar é obrigado a passar através de uma abertura estreita entre dois eletrodos, provocando uma descarga de alta energia. O rendimento do ozono dependerá da voltagem, da frequência, do *design* do gerador de ozono, e do tipo e a qualidade do gás de limitação usado. Seguidamente, o ar enriquecido com ozono atravessa um dispositivo de adsorção de gás, de modo a extrair o ozono numa solução. Existem várias maneiras para conseguir esta extração, utilizando um sistema de injeção de gás na linha, ou então recorrendo a outros dispositivos de transferência de gás (49).

O ozono é um gás muito instável na solução aquosa. Além de apresentar elevada reatividade com vários componentes comuns da água, também é reconhecido por se decompor de forma espontânea (autodecomposição). O processo de autodecomposição do ozono envolve uma cadeia de reações químicas muito complexa, com várias espécies de radicais livres. A decomposição pode ser iniciada através de uma série de diferentes constituintes da água, tais como o íon hidróxido, a matéria orgânica ou o ferro, também pode ser iniciada através da adição de peróxido de hidrogénio ou por irradiação com luz ultravioleta (49).

Reações com o ozono na água

Quando o ozono oxida os compostos orgânicos presentes na água, reconhece-se a formação de subprodutos orgânicos biodegradáveis. Esta oxidação, se não for devidamente controlada, pode potencializar vários problemas como por exemplo, as incrustações biológicas no sistema de abastecimento (49).

Verifica-se uma preocupação particular associada à ozonização na presença de brometos, relacionada com a formação de bromatos (BrO_3^-), substância com potencialidades cancerígenas para o ser humano. Os bromatos podem ser produzidos através de várias maneiras, desde que as reações envolvam o ozono molecular e o radical hidroxilo. O ozono, ao oxidar o composto brometo, origina o ácido hipobromoso. Este ácido pode reagir com matéria orgânica, produzindo subprodutos halogenados bromados da ozonização, como por exemplo o bromofórmio e o ácido dibromoacético (49).

Existem várias técnicas capazes de controlar a formação de bromatos na água, na maioria das vezes, envolvendo valores de pH ligeiramente ácidos na ozonização, onde o ozono é adicionado nos vários pontos de aplicação, ou ainda recorrendo à adição de amoníaco para reagir com o ácido hipobromoso produzido, impedindo a formação de bromatos. Por outro lado, em situações em que o bromato já foi formado, este pode ser removido através da redução química, utilizando compostos reduzidos de enxofre, nomeadamente, o bissulfito e o ferro. Sublinha-se também que o carvão ativado granular possui capacidade para adsorver os bromatos, a irradiação ultravioleta decompõem os bromatos em brometos. Além disso, os bromatos podem ser ainda reduzidos sob condições anaeróbias (49).

A pré-ozonização na ETA do Carvoeiro

O primeiro processo de tratamento da ETA do Carvoeiro é a pré-ozonização. Face às características da água bruta do rio Vouga, foi incluído o processo de pré-ozonização com ozono, com o intuito de oxidar a matéria orgânica e determinados metais, tais como o ferro e o manganês, facilitando o processo de coagulação, e evitando assim a proliferação de algas e microrganismos no sistema (22).

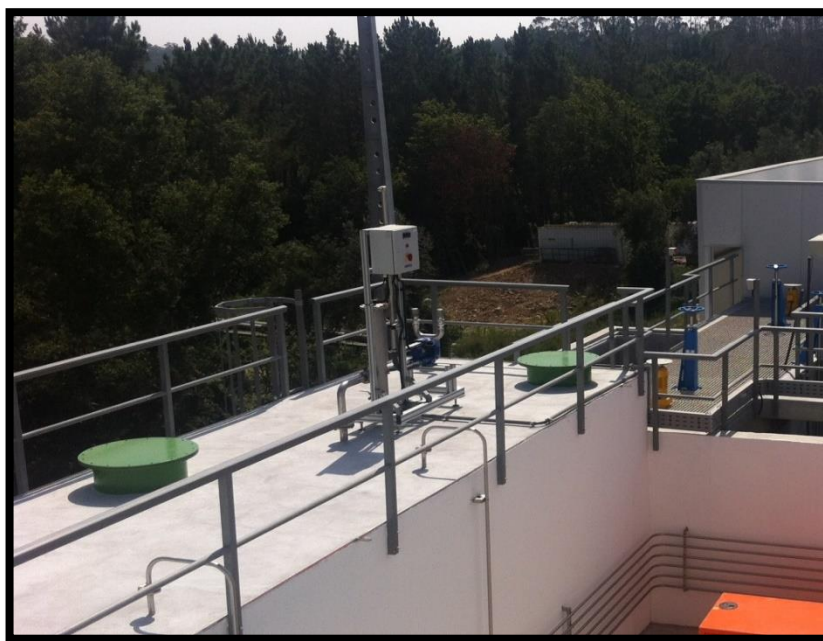


Figura 16 – Pré-ozonização na ETA do Carvoeiro

Para este efeito, foi construída uma câmara de contacto e a produção de ozono necessário é realizada com recurso a um gerador já preconizado para uma etapa posterior de ozonização intermédia, sem aumento da capacidade do mesmo. Neste sentido, quando ambas as etapas de ozonização estiverem em funcionamento, o ozono disponível é repartido, ajustando-se as dosagens de acordo com as necessidades do tratamento (22).

O caudal de água bruta afluente à ETA, proveniente da captação de água superficial é medido a montante da câmara de contacto, recorrendo a um caudalímetro eletromagnético instalado na conduta adutora (22).

3.3.2. Coagulação

A coagulação é um processo que possui como objetivo aumentar a tendência das partículas pequenas em suspensão aquosa, para que se liguem entre si e com as superfícies dos grãos de um leito filtrante.

A coagulação é um processo complexo que promove a interação de partículas, de maneira a que sejam formados agregados maiores. Este processo envolve três etapas: a formação de partículas do coagulante, a destabilização das partículas e as colisões entre partículas. As etapas referentes à formação de partículas, à destabilização das partículas e interação entre o coagulante e a matéria orgânica, ocorrem usualmente durante e imediatamente após a dispersão química num tanque de mistura rápida. Já a interação entre partículas, que desenvolvem agregações maiores, designadamente flocos, começam durante a mistura rápida, mas geralmente ocorrem predominantemente no processo de floculação (49).

A coagulação identifica-se como sendo uma etapa crucial nos sistemas de tratamento de água convencionais, nos quais os processos de coagulação, sedimentação, filtração e desinfecção são combinados, para clarificar a água, remover e inativar contaminantes microbiológicos, entre os quais, os vírus, as bactérias, os cistos e os oocistos de protozoários patogênicos. O processo de coagulação é ainda desenhado para remover ainda a matéria orgânica natural, o que reduz a formação de subprodutos de desinfecção (49).

Os coagulantes são compostos químicos utilizados no processo de coagulação por várias razões. A sua principal utilização é a destabilização das suspensões de partículas e o aumento da taxa de formação de flocos (49). A natureza dos coagulantes pode ser inorgânica, como os sais de alumínio e ferro, ou orgânica, como os polieletrólitos. Estes compostos podem ser utilizados na forma de alcalinizantes, isto é, capazes de conferir a alcalinidade necessária ao processo de coagulação como a cal, o hidróxido de cálcio e de sódio, e ainda adjuvantes, que desempenham um papel auxiliar, melhorando as operações de coagulação e floculação. Exemplos de coagulantes adjuvantes são a sílica ativada e os polieletrólitos (3).

A utilização de coagulantes com base no alumínio origina o alumínio residual, que permanece na água tratada e segue para o sistema de distribuição, sendo constituído por matéria particulada e dissolvida. As espécies particuladas podem ser removidas nos processos de sedimentação e de filtração (50).

Note-se que existe uma relação entre o pH e a concentração de alumínio residual dissolvido. Quando os valores de pH se encontram inferiores a 6 e superiores a 8 o alumínio possui maior solubilidade, e quando se encontram entre 7 e 7,5 o alumínio possui o mínimo de solubilidade. A temperaturas baixas (cerca de 4°C), o pH mínimo de solubilidade aumenta, resultando num possível aumento da concentração de alumínio residual.

O alumínio dissolvido pode ser reduzido na água tratada, através da implementação de várias medidas, nomeadamente, a utilização de um pH ótimo no processo de coagulação, e o controlo da dosagem do coagulante, entre outras (50).

Importa referir que o alumínio residual na forma dissolvida apresenta um elevado potencial toxico para a saúde humana(51). Alguns estudos apontam que, um elevado nível de concentração ingerida, pode promover o desenvolvimento da doença do Alzheimer(52).

A coagulação na ETA do Carvoeiro

Na ETA do Carvoeiro é adicionado um coagulante para efetuar a destabilização da matéria coloidal nas duas câmaras de mistura rápida equipadas com agitadores mecânicos, onde se dá o processo de coagulação.

Tendo em conta o estudo de equilíbrio calco-carbónico, verificou-se a necessidade da correção de pH de coagulação, para o controlo da formação de precipitados de hidróxido de alumínio, visto que o coagulante utilizado é o policlorosulfato de alumínio de alta basicidade (WAC - AB). Para a correção do pH e controlo da alcalinidade é utilizado o leite de cal (22).



Figura 17- Câmaras de mistura rápida e lenta

3.3.3. Floculação

O objetivo principal da floculação é formar agregados de flocos a partir de partículas desestabilizadas quimicamente, através de uma agitação lenta (53). A aglomeração de partículas é possibilitada através de um mecanismo de transporte, que desencadeia colisões entre as mesmas (50). Para que a coagulação seja eficiente, normalmente recorre-se a adição de um floculante que destabiliza as partículas (49). A literatura de tratamento de água muitas vezes faz a distinção entre os termos “coagulante” e “floculante”. Quando é feita esta distinção, o coagulante é o químico usado para iniciar a destabilização da suspensão e é normalmente adicionado no processo de mistura rápida, como já referido anteriormente. Por outro lado, o floculante, muitas vezes designado coagulante auxiliar é utilizado depois da adição do coagulante, com o objetivo de aumentar a formação de flocos e aumentar também a resistência da sua estrutura (49).

Consoante o tamanho das partículas envolvidas, distinguem-se dois tipos de floculação, designadamente, a microfloculação e a macrofloculação. A microfloculação refere-se à agregação de partículas com uma gama de tamanho de $0,001\ \mu\text{m}$ a $1\ \mu\text{m}$, provocadas pelo movimento térmico aleatório, designado, movimento Browniano. Pelo contrário, a macrofloculação consiste na agregação de partículas com tamanhos entre $1\ \mu\text{m}$ a $2\ \mu\text{m}$ (53).

A floculação na ETA do Carvoeiro

Para a fase de floculação, existem duas câmaras de mistura lenta equipadas com agitadores mecânicos, que promovem uma adequada formação dos flocos, através da otimização das condições do tempo de contacto e da agitação.

O floculante utilizado é um polieletrólito, para agregação das partículas já coaguladas. A floculação é realizada em duas linhas de tratamento, cada qual com duas câmaras de floculação em série, perfazendo um total de quatro módulos de floculação, o que favorece a boa formação do floco e consequentemente, tornando mais eficaz as etapas subjacentes (22).

3.3.4. Flotação

A flotação constitui um processo de separação sólido-líquido utilizado no tratamento de água principalmente para reduzir a concentração de sólidos ou carga nos filtros granulares. Como resultado, nota-se uma maior facilidade na operação dos filtros e eficiência no processo de filtração (49).

O mecanismo de separação realiza-se através da introdução de gás fino (usualmente ar) formando bolhas na fase líquida. Estas bolhas aderem à matéria floculada de baixa densidade que se encontra em suspensão. Devido à sua flutuabilidade a matéria floculada aderida às bolhas ascende até à superfície, formando uma espuma que é removida através de raspadores. A água clarificada é encaminhada para a fase seguinte de tratamento. Usualmente uma parte da água clarificada é recirculada para ser utilizada como corrente pressurizada (53,54).

Existem vários tipos de flotação, consoante o método de produção das bolhas de gás. Entre os quais, destacam-se a flotação eletrolítica, a flotação por ar disperso e a flotação por ar dissolvido (53).

No processo de flotação eletrolítica ou eletroflotação, a geração de bolhas de hidrogénio e de oxigénio realiza-se através da passagem de uma corrente contínua entre dois eléctrodos numa solução aquosa diluída. As dimensões das bolhas geradas são muito pequenas.

Nos sistemas de flotação de ar disperso, as bolhas são formadas através da introdução da fase gasosa directamente na fase líquida, por meio de um impulsor rotativo ou então através de

difusores (53). Uma vez que as bolhas formadas possuem a tendência de serem elevadas, a flotação por ar disperso, normalmente não é adequada no tratamento de água (49).

Na flotação por ar dissolvido as bolhas são formadas através da redução da pressão de um fluxo de água saturada com ar. Os principais tipos de flotação por ar dissolvido são a flotação por vácuo, a microflotação e a flotação por pressão. Dos três tipos, a flotação por pressão é atualmente o mais utilizado. A separação da fase sólida da fase líquida é realizada por ação de uma corrente de água clarificada pressurizada numa câmara de pressurização. Através da despressurização são libertadas bolhas com dimensões reduzidas, designadas microbolhas que penetram a matéria floculada (54).

A flotação na ETA do Carvoeiro

Com o intuito de realizar a separação dos sólidos formados na etapa de coagulação/ floculação, foi incluído o processo de flotação por ar dissolvido na ETA do Carvoeiro. A flotação revela ser mais apropriada na remoção de grandes quantidades de fitoplâncton, como as que se registam na água bruta do rio Vouga, em relação a uma decantação, uma vez que trata-se de sólidos com boas características de flutuação (22).

Esta etapa de tratamento é desenvolvida em dois órgãos retangulares construídos em betão, designados flotadores, que são cobertos de forma a proteger da intempérie o manto de lamas flotadas que se forma à superfície.

A água proveniente da etapa de floculação é obrigada a entrar numa câmara de repartição de caudal, equipada com um descarregador, assegurando a distribuição pelos dois flotadores. A água é obrigada a percorrer um circuito hidráulico ascensional e posteriormente descensional através de um septo construído em betão que se encontra localizado à entrada de cada flotador. Antes do septo a água é influenciada com gás fino distribuída por uma rede de hidro-injetores estrategicamente colocados no fundo no primeiro compartimento. Já no segundo compartimento após o septo, encontra-se uma segunda rede de hidro-injetores no fundo para assegurar o gás fino necessário à flotação, obrigando assim, os sólidos a dirigirem-se à superfície e ao encontro do sistema de raspagem instalado sobre a superfície do flotador. A instalação de pontes raspadoras de menor curso é permitida pelo encaminhamento natural dos sólidos flotados para a caleira de recolha de lamas. O sistema de raspagem funciona automaticamente com tempos pré-programados. Quanto à fase líquida esta inverte o circuito hidráulico através

do deflector que se encontra colocado no interior do órgão de flotação, saindo depois pela caleira de distribuição aos filtros de areia (22).



Figura 18 – Flotadores e pontes raspadoras da ETA do Carvoeiro

No sistema de saturação é produzida a massa de água saturada com gás fino. Este sistema é composto por um grupo eletrobomba, um injetor ar/líquido e ainda um reservatório sobrepessão (um conjunto por flotador). 15% do caudal que entra no flotador é aspirado e recirculado através do grupo eletrobomba que é introduzido no sistema de saturação, que faz o controlo automático da dissolução de ar (alimentado a partir da rede de ar de serviço), de modo a que se obtenha de uma forma constante uma massa de água sobressaturada com gás fino. Os dois flotadores encontram-se equipados com válvulas de cunha que permitem efetuar a descarga de fundo, ligada à rede de drenagem (22).

3.3.5. Filtração

O principal objetivo da filtração numa ETA é remover fisicamente as partículas presentes na água(55), provenientes da fonte, ou adicionados nos processos de tratamento a montante (49).

A passagem da água através de um leito de partículas permite a remoção de vários componentes presentes na água, tais como; argila; partículas de iodo; microrganismos (bactérias, vírus e cistos de protozoários); substâncias húmicas precipitadas ou coloidais; matéria orgânica vegetativa; precipitados de alumínio e ferro (coagulantes); carbonato de cálcio e hidróxido de magnésio precipitados a partir do amolecimento da cal, e ainda precipitados de ferro e manganês (49).

Existem vários tipos de partículas que constituem o leito da filtração. Geralmente é utilizado um filtro com compostos de material granular poroso, como areia, antracite, zeólitos, carvão ou outro material da mesma dimensão (56). No entanto, nos últimos anos, tem crescido o interesse na utilização de filtros de membrana, isto é, filtros que eliminam todos os compostos que não ultrapassam o seu peso molecular de corte (57).

A filtração pode ser utilizada unicamente, em situações onde a fonte de água não contém uma grande quantidade de material em suspensão (58).

Em muitas estações de tratamento a filtração é a única barreira para a eliminação de protozoários, entre os quais, o *Cryptosporidium*, o que justifica a necessidade de uma otimização contínua deste processo de tratamento. Salienta-se a importância de fixar níveis de turvação diminutos, pois verificou-se que existe uma correlação entre os baixos níveis de turvação e uma boa remoção de protozoários (55).

A operação de filtração completa é composta por duas fases distintas, a filtração e a lavagem dos filtros, vulgarmente realizada em contracorrente (53). Os filtros podem operar de dois diferentes modos, de forma contínua ou semi-continua. Na filtração contínua as duas fases (filtração e lavagem contracorrente) ocorrem simultaneamente, o que não acontece na filtração semi-continua, onde estas fases ocorrem sequencialmente (53).

Filtração na ETA do Carvoeiro

A etapa de filtração na ETA do Carvoeiro é realizada em filtros gravíticos abertos para retenção de pequenas partículas que não tenham sido removidas na flotação. A operação é realizada em dois filtros constituídos por areia e antracite, e por dois filtros constituídos por zeólitos, com grau de pureza superior a 90% e área superficial de 40m²/g. Assim, são utilizados filtros multicamada, com materiais com diferente densidade e granulometria, estando os materiais mais densos no fundo dos leitos e os menos densos no topo dos mesmos. Deste modo, como a densidade da antracite é inferior à da areia, a camada de antracite é colocada sobre a camada de areia (22).



Figura 19 - Filtros de areia, de antracite e zeólitos

Como referido anteriormente, são utilizados zeólitos em dois dos quatro filtros que compõem esta etapa. Os zeólitos utilizados apresentam duas granulometrias diferentes uma vez que é aconselhável que a camada de fundo do filtro (cerca de 30% da altura de meio) seja constituída por zeólitos de maior granulometria (22).

A altura de água sobre o leito favorece o funcionamento do filtro e evita a criação de zonas de depressão no meio filtrante e a consequente formação de bolhas de ar que prejudicam a qualidade da filtração, devido à criação de caminhos preferenciais, podendo dar lugar à passagem de materiais em suspensão (22).

A distribuição da água proveniente dos flotadores é assegurada por meio de um canal à cabeça da etapa de filtração, sendo depois filtrada e recolhida em câmaras providas de descarregador, a partir dos quais cai para o reservatório de água filtrada.

Os filtros são equipados com uma válvula mural de acionamento pneumático, de forma a permitir automatizar os ciclos de lavagem e o sistema de drenagem inferior possuem um fundo falso com ralos de filtração distribuídos uniformemente. A descarga de fundo de cada filtro é efetuada por recurso à válvula de cunha de acionamento manual instalada no fundo de cada filtro. Os filtros são ainda equipados com transmissores de pressão diferencial de forma a permitir o controlo da perda de carga em cada um dos filtros (22).

A existência de uma válvula modulante, acionada por atuador pneumático, a cujo comando está associado um controlador dependente do nível de água medido acima do leito de areia/antracite por uma sonda ultrassônica, assegura que o nível de água nos filtros e, portanto, o caudal de saída, seja mantido constante.

Salienta-se a função adicional das sondas de nível ultrassônicas em detetar a colmatção no filtro, a qual se traduz numa subida do nível da lâmina de água dentro do mesmo, situação em que é dada ordem de lavagem.

Associado ao funcionamento dos filtros encontram-se também os circuitos de entrada de água e ar de lavagem, que são equipadas com válvulas acionadas pneumaticamente e de saída das águas sujas de lavagem.

O processo de lavagem realiza-se em contracorrente em três etapas sucessivas, isto é, com lavagem com ar, seguida de lavagem com ar e água e por último lavagem com água e a desinfecção das camadas filtradas é assegurada com a injeção de cloro na água de lavagem dos filtros, através de um clorómetro manual.

Quanto à lavagem do ar, recorre-se a sopradores de êmbolos rotativos, cujos circuitos de compressão individual são equipados com válvulas de seccionamento com atuador manual. No circuito comum de compressão dos soprados existe um pressostato. Na lavagem dos filtros, as bombas de água são providas de conversores de frequência, para promover uma maior flexibilidade de operação, e principalmente porque as mesmas bombas são utilizadas para a lavagem dos filtros de CAG. Nestas bombas, os circuitos de aspiração e compressão são equipados com válvulas de seccionamento com atuador manual e por válvulas de retenção do tipo disco bi-partido, no circuito de compressão. No circuito de compressão comum, existe um caudalímetro eletromagnético que mede o caudal de água de lavagem dos filtros (22).

A lavagem com água garante a reclassificação do meio, assegurando que no fim da lavagem o material de menor densidade se encontre sobre o material de maior densidade.



Figura 20 – Processo de lavagem com água num filtro de zeólitos

3.3.6. Estação Elevatória intermédia (EEI)

Uma estação elevatória (EE) de um sistema de abastecimento público de água é uma infraestrutura que tem como propósito bombear a água para zonas situadas a altitudes superiores (17).

A estação elevatória intermédia da ETA do Carvoeiro

A Estação elevatória intermédia foi um órgão incluído na ETA do Carvoeiro por várias razões. A principal razão consistiu em baixar a cota de implantação dos órgãos a montante da estação elevatória, uma vez que a cota da soleira do reservatório de água tratada já se encontrava definida pela antiga câmara de aspiração. Além disso, sabe-se que a utilização do processo de tratamento posterior de adsorção com filtros de carvão ativado granular impõe uma elevada perda de carga no perfil hidráulico, que é resolvida com a inclusão desta estrutura de elevação de água (22).

A estação elevatória intermedia é equipada com grupos eletrobomba de poço seco, os quais aspiraram de uma câmara para o efeito. No circuito de aspiração individual de cada bomba e no circuito de compressão individual das mesmas existem válvulas de borboleta, válvulas de retenção do tipo disco bi-partido na compressão individual de cada bomba.

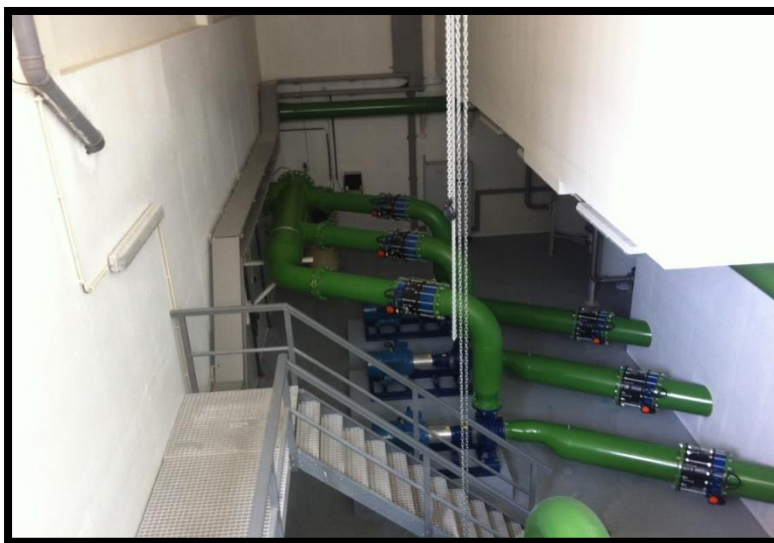


Figura 21 – Grupos eletrobomba que constituem a Estação Elevatória intermédia da ETA do Carvoeiro

De maneira a responder às necessidades de manutenção dos grupos eletrobomba da estação elevatória e dos grupos de lavagem dos filtros existe um equipamento de elevação adequado (22).

3.3.7. Ozonização intermédia

A ozonização intermédia consiste numa oxidação recorrendo ao ozono. Assim, os princípios e conceitos aplicáveis consideram-se os mesmos que os apresentados na etapa de pré-ozonização da secção 3.2.3.1 do presente capítulo.

A ozonização na ETA do Carvoeiro

Para assegurar uma eficiente destruição das cianobactérias, de eventuais toxinas, cor e sabor por elas produzidas, foi incluída uma etapa de oxidação recorrendo ao ozono como oxidante. A ozonização é complementada com uma etapa de adsorção utilizando filtros de carvão ativado granular, que adsorve a matéria orgânica oxidada pelo ozono introduzido a montante (22).

A água captada através dos poços e furos é introduzida nesta etapa de tratamento, sendo submetida apenas aos processos de ozonização intermédia, filtração em filtros de CAG, correção do equilíbrio calco-carbónico e desinfecção, misturando-se com a água superficial que foi sujeita aos processos de tratamento anteriores. Importa referir que quando são necessários caudais reduzidos, a água captada no aluvião pode ser encaminhada diretamente para a etapa posterior

de remineralização, sendo conduzida para o reservatório de água tratada e posterior desinfecção (22).



Figura 22- Câmaras de ozonização intermédia da ETA do Carvoeiro

Através de um canal equipado com descarregadores, a água a ozonizar é encaminhada, e é distribuída para as duas câmaras de contacto equipadas com uma válvula mural de acionamento manual logo na entrada. O caudal de água a ozonizar é medido através de um caudalímetro eletromagnético.

Quanto à produção de ozono, na ETA do Carvoeiro existe um sistema com geração *in-situ* a partir de oxigénio puro, o que permite a redução da energia específica consumida, uma redução da necessidade de água para refrigeração, rendimentos superiores de produção de ozono, concentração de ozono superiores bem como um menor custo face aos geradores a partir do ar.

O sistema de ozonização contempla o fornecimento de um gerador de ozono com capacidade de produção de ozono para as duas linhas de tratamento da ozonização intermédia e ainda para a linha de tratamento da pré-ozonização. Neste sistema são incluídos três sistemas automáticos de controlo da dosagem, um analisador de ozono de alta concentração, um analisador de ozono no ambiente, dois destruidores de ozono em excesso, grelhas de dissolução de ozono instaladas nas câmaras de contacto, três sistemas de repartição de caudais de gás ozono em cada câmara de contacto, um analisador de ozono residual na água e válvulas de sub/sobre pressão instaladas nas câmaras de contacto (22).

O gerador de ozono inclui todos os sistemas de alimentação de energia elétrica e de controlo e de segurança e prevenção de eventuais fugas ou sobredosagem de ozono. Existe um sistema de arrefecimento com água adequado as condições de funcionamento mais desfavoráveis do sistema (22).

A monitorização da concentração de ozono no ambiente da sala é realizada através de uma sonda de ozono de baixa concentração. Em ocasiões de fuga, é emitido um alarme, sendo o gerador de ozono desligado automaticamente. Além disso, como segurança adicional existe um ventilador que promove a exaustão do ar dentro da sala de ozono. Também existe uma botoneira de paragem de emergência no gerador de ozono, que pode ser usada pelo operador para parar o sistema de ozono em qualquer situação de emergência.

Existe também um *touchpanel* integrado no gerador de ozono que permite e facilita a operação do sistema, onde são visualizados e monitorizados os parâmetros do processo como o ar ambiente, o gás de alimentação, *set point* remoto, temperatura de água de refrigeração e ainda a paragem e o arranque do sistema.

São constituintes dos geradores três válvulas automáticas e três caudalímetros, que fazem, à saída do gerador, a repartição dos caudais de ozono para as três câmaras de contacto (2 da ozonização e 1 da pré-ozonização).

Quanto às câmaras de contacto, estas possuem um sistema de dissolução de gás através de difusores cerâmicos, de forma a colocar o ozono em contacto com a corrente principal de água. As câmaras possuem uma configuração retangular composta por três compartimentos, onde a dois primeiros se encontram instaladas as grelhas de dissolução e o terceiro corresponde ao compartimento de desgaseificação. Para a divisão do caudal de gás para o primeiro e segundo compartimento em cada uma das câmaras encontram-se instaladas válvulas de agulha, caudalímetros do tipo rotâmetro e manómetros.

O gás à saída de cada uma das câmaras é conduzido a um sistema de destruição de ozono, onde se destrói o ozono não transferido para a água, convertendo-o em oxigénio. O gás com ozono residual é recolhido à saída da câmara de contacto e conduzido a um reator catalítico, de forma a reduzir a concentração a um conteúdo máximo de 0,06 ppm O₃. A corrente de ar, antes de entrar em contacto com o catalisador, é pré-aquecida desde a temperatura ambiente ate 50 –

80 °C. A perda de carga no sistema é resolvida pela colocação de um ventilador à entrada do reator (22).

Importa referir que o terceiro compartimento de cada câmara de contacto, onde se dá a desgaseificação, encontra-se comunicante em termos da câmara-de-ar, de modo a que seja permitido a sucção por parte do ventilador do destrutor de ozono de ambas as câmaras, ou seja apenas existe um destruidor de ozono para as duas câmaras de ozonização intermédia.

No que concerne ao fornecimento e armazenamento do oxigénio que alimenta o gerador de ozono, este é fornecido a granel e armazenado sob a forma líquida num reservatório criogénico com capacidade de 20 toneladas. O oxigénio ao sair do reservatório de armazenamento, passa por uma estação de gaseificação em vaporizadores atmosféricos e, sob a forma gasosa, é introduzido no gerador de ozono.

Note-se que existe a possibilidade de fazer a água passar pelas câmaras de contacto sem dosear ozono, o que se traduz numa não utilização desta etapa (22).

3.3.8. Adsorção em filtros de Carvão Ativado Granular

O processo de adsorção, geralmente consiste na recolha de substâncias solúveis, numa interface entre duas fases, como por exemplo líquido-sólido e gás-sólido (49,53). A substância solúvel que se acumula ou adsorve na interface é designada de adsorbato e a fase no qual a adsorção ocorre denomina-se adsorvente (49).

Este processo de tratamento é utilizado para remover contaminantes orgânicos, como herbicidas, pesticidas, toxinas de algas e ainda compostos que podem conduzir ao aparecimento de gosto e odor na água (59).

Este processo de tratamento pode ser físico ou químico. A adsorção física integra o princípio da maioria dos processos de purificação e separação. Geralmente verifica-se a deposição de mais de uma camada de adsorbato sobre a superfície adsorvente, a reversibilidade do processo, e a libertação de uma quantidade diminuta de energia. Por outro lado, na adsorção química, ocorre uma troca de eletrões entre o sólido e a molécula adsorvida. Verifica-se a formação de uma única camada sobre a superfície sólida, irreversibilidade do fenómeno e libertação de uma quantidade significativa de energia (3).

No tratamento da água são usados vários adsorventes, principalmente carvão ativado, resinas de troca iônica, resinas adsorventes, alumina ativada (49).

Carvão Ativado como adsorvente

O Carvão ativado é utilizado na adsorção de moléculas orgânicas que causam gosto e odor, mutagenicidade e toxicidade, bem como de matéria orgânica natural que induz ao aparecimento de cor na água e que pode reagir com o cloro, formando subprodutos de desinfecção. O Carvão Ativado em Pó (CAP) foi bastante utilizado principalmente no controlo do odor na água. No entanto, o Carvão Ativado Granular (CAG) tem sido reconhecido com uma alternativa ao CAP. Comparando as duas granulometrias de carvão ativado, verifica-se que o CAG possui uma maior capacidade de adsorção e uma maior facilidade no controlo do processo. Contudo, a aplicação do CAG num sistema de tratamento de água, revela ter um custo mais elevado, que geralmente é compensado por uma melhor eficiência, especialmente em situações onde a matéria orgânica deve ser removida continuamente. Salienta-se também a aplicação de CAG como um meio de suporte para bactérias em processos de estabilização biológica da água potável antes da sua distribuição no sistema de adução (49).

O carvão ativado pode ser produzido a partir de várias matérias-primas, entre as quais, a madeira, a turfa, a lenhite, o carvão sub-betuminoso e betuminoso. Os processos de produção envolvem uma carbonização, onde é realizada uma conversão da matéria-prima para um carvão animal e uma ativação, que se traduz numa oxidação para desenvolver a estrutura dos poros interna (49).

A Adsorção na ETA do Carvoeiro

A etapa de adsorção na ETA do Carvoeiro é a última etapa de afinação. O adsorvente utilizado é o CAG, para adsorver a matéria orgânica oxidada pelo ozono e remover o cheiro e o sabor presente na água a tratar (22).



Figura 23 – Filtros de carvão ativado granular da ETA do Carvoeiro

Após a etapa de ozonização nas câmaras, a água é encaminhada para um canal a montante dos filtros de CAG, a partir do qual a água distribui-se por quatro filtros gravíticos abertos.

Os filtros são providos por um descarregador *trop-plein*, por válvulas de descarga de fundo ligados à rede de drenagem e a entrada de cada filtro é equipada com uma válvula mural de acionamento pneumático.

Após a filtração em CAG, a água é recolhida em câmaras providas de descarregador, a partir das quais cai para uma caleira de água filtrada.

O caudal de saída, e consequentemente o nível de água nos filtros, é mantido constante através da presença de uma válvula modulante, acionada por atuador pneumático, cujo comando se encontra associado a um controlador PID que depende do nível de água medido acima do leito de CAG, por uma sonda ultrassónica.

No fundo de cada filtro encontram-se transmissores de pressão. Estes e as sondas de nível ultrassónicas têm ainda a função de detetar a colmatção no filtro, a qual se traduz numa subida do nível da lâmina de água dentro do mesmo, situação em que é dada ordem de lavagem. Assim, ao funcionamento dos filtros estão ainda associados os circuitos de entrada de água de lavagem, que são equipados com válvulas acionadas pneumaticamente, e de saída das águas sujas de lavagem.

O sistema de drenagem inferior dos filtros é equipado por um fundo falso com ralos de filtração distribuídos uniformemente. Cada filtro é equipado com uma entrada de homem, que permite visitar a zona debaixo da placa filtrante.

O carvão apresenta boas capacidades de adsorção para remover compostos não biodegradáveis e subprodutos resultantes da ozonização, bem como a capacidade de concentrar a matéria orgânica biodegradável junto à superfície do carvão. O carvão cumpre a norma EN12915 adequada para o carvão ativado granular utilizado para o tratamento de águas para o consumo humano (22).

Note-se que é possível fazer um by-pass geral à etapa de adsorção em CAG, permitindo que a água seja diretamente encaminhada da etapa de ozonização para a etapa de remineralização.

3.3.9. Correção do equilíbrio calco-carbónico

A correção do equilíbrio calco-carbónico pode ser realizada através do processo designado recarbonatação ou remineralização. Esta técnica de tratamento pretende aumentar o pH e o teor em cálcio, no sentido de impedir a corrosão eletroquímica nas condutas. Além disso, melhora as características organoléticas da água para o consumo humano. É comum adicionar hidróxido de cálcio (cal) com um complemento de dióxido de carbono (CO_2). A formação de bicarbonatos neutros é assegurada pela reação entre o ácido carbónico (produzido através da reação em meio aquoso com CO_2) e os compostos alcalinos presentes na água. Os bicarbonatos neutros promovem um meio tamponado no valor de pH desejado (60).

A correção do equilíbrio calco-carbónico na ETA do Carvoeiro

A remineralização na ETA do Carvoeiro realiza-se a jusante da etapa de adsorção em filtros de CAG com recurso à adição de dióxido de carbono e hidróxido de cálcio (cal) no reservatório de água tratada (22).



Figura 24 – Silos de cal na ETA do Carvoeiro

O CO_2 é adicionado através de uma rampa difusora composta por mangueiras microporosas instaladas à entrada do reservatório de água tratada, sendo o controlo da dosagem efetuado em função do *setpoint* de pH. A água de cal, obtida através de um saturador de cal, é doseada através de 2 (+1) bombas doseadoras equipadas com variador de frequência, sendo o controlo da dosagem efetuado em função do caudal (22).

A câmara de contacto de CO_2 permite um tempo de contacto de 3 minutos, suficiente para assegurar a dissolução do dióxido de carbono.

3.3.10. Desinfecção

A desinfecção é um processo de tratamento que pode ser aplicado, recorrendo a dois procedimentos, a desinfecção primária e a secundária. A desinfecção primária consiste numa inativação de agentes patogénicos numa fase inicial, enquanto a desinfecção secundária realiza-se no sistema de distribuição através da manutenção de um desinfetante residual (61).

Desinfecção primária

Na desinfecção primária são inativados agentes patogénicos, nomeadamente vírus, bactérias e protozoários potencialmente presentes na água bruta.

A eficiência do processo de desinfecção primária não depende apenas da eficiência de outros processos de tratamento, como da filtração, mas também da qualidade da água bruta.

Considerando esta limitação, por vezes é necessário introduzir barreiras adicionais e/ ou processos de tratamento antes da etapa de desinfecção primária (61).

Como agentes desinfetantes, geralmente são utilizados o cloro e o hipoclorito de sódio, embora também se destaque a amónia, o dióxido de cloro e o ozono (49) e radiação ultravioleta (61,62). No entanto, com a crescente preocupação com a remoção e inativação de alguns dos patogénicos mais resistentes, e com a minimização de produtos de desinfecção, outras opções tem sido identificadas (49).

Desinfecção secundária

A dosagem de um desinfetante num sistema de distribuição, visa manter uma concentração residual, de modo a (61):

- Proteger a água de uma potencial recontaminação microbiológica;
- Reduzir o recrescimento bacteriano;
- Controlar a formação de biofilme;
- Servir como um indicador de integridade do sistema de adução (uma perda de desinfetante residual indica que a integridade do sistema tenha sido comprometida).

O Decreto-Lei nº 306/2007 recomenda que as concentrações de desinfetante residual estejam compreendidas entre 0,2 e 0,6 mg/l na torneira do consumidor (7).

Nos sistemas de distribuição de água de grande dimensão, para monitorizar a concentração mínima de cloro residual deve ser considerada a recloração nos vários pontos de adução necessitados (61).

Desinfecção com cloro livre

A desinfecção com cloro livre, designada “Cloração”, consiste na injeção de cloro na água, produzindo um átomo de cloro livre residual (61). Este é considerado um poderoso desinfetante que demonstra ser eficiente contra uma vasta gama de agentes patogénicos (61). No universo de desinfetantes utilizados, o cloro livre é o mais utilizado, sendo que historicamente é aquele que mais contribuiu para a proteção da saúde pública. (63). Além do seu uso no tratamento de desinfecção primária, o nível de cloro residual que permanece nos sistemas de distribuição (desinfecção secundária), garante o cumprimento microbiológico que é garantia da qualidade na

torneira do consumidor, bem como a salvaguarda contra a recontaminação no sistema de adução (61,63).

O controlo da dosagem do cloro livre é bastante importante, assegurando uma operação de desinfecção eficiente da água. Note-se que no final da desinfecção primária, a concentração de cloro residual livre deve corresponder a 80% da concentração de cloro inicialmente adicionada.

Na Irlanda, a cloração tem sido realizada recorrendo a sistemas de cloro gás. As instalações de gás exigem um controlo contínuo na sua utilização, uma vez que se encontram permanentemente ativas. Adicionalmente verifica-se o elevado nível de toxicidade do cloro no estado gasoso, equacionam-se sérios riscos para a saúde humana, que devem ser devidamente monitorizados (63).

Formação de subprodutos de desinfecção com cloro

A cloração de subprodutos surge como resultado do uso de cloro na produção de água destinada a consumo humano. Estes subprodutos incluem compostos organoclorados formados por reação entre o cloro e matéria orgânica na água a ser tratada, e os subprodutos inorgânicos (por exemplo, bromato, clorato e clorito) que podem ocorrer durante a produção e armazenamento de hipoclorito de sódio. A formação de compostos organoclorados não é influenciada pela fonte inicial de cloro (cloro gás, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio) (63).

A principal preocupação na formação dos subprodutos de desinfecção centra-se no seu efeito para a saúde pública e ainda, em certas situações, no seu impacto no sabor e odor da água (63).

Os principais subprodutos organoclorados são o bromofórmio, o dibromoclorometano, o bromodiclorometano e o clorofórmio que são conhecidos coletivamente como trihalometanos (THMs) (63).

A concentração de compostos THMs produzidos através da desinfecção com cloro depende do pH, da temperatura, da concentração de cloro livre, do tempo de contacto e da natureza e concentração do material orgânico oxidável presente na água. Grande parte dos THMs surge no sistema de adução, em sistemas de abastecimento que recorrem ao processo de desinfecção secundária (recloração) (63).

Normalmente, para restringir a produção destes subprodutos recorrem-se aos seguintes mecanismos (63):

- Proceder à eliminação dos vários precursores dos Trihalometanos antes da desinfecção, evitando a adição de cloro na água bruta;
- Controlar o tempo de contacto mínimo do processo e a concentração de cloro livre a injetar;
- Monitorizar o valor de pH, mantendo-o em níveis reduzidos, uma vez que a formação dos trihalometanos aumenta com pH mais elevados.

A remoção dos THMs, apesar de ser possível, geralmente não é efetuada, uma vez que os processos de tratamento que removem estes compostos são bastante dispendiosos comparativamente com os mecanismos de minimização da sua formação. Os principais precursores da formação dos THMs são os Compostos Orgânicos Totais (COT). A eficiência de remoção de COT é dependente do pH e alcalinidade. O pH ótimo deve ser igual ou menor que 6,5 na remoção destes compostos (63).

O Decreto-Lei nº 306/2007 aponta um valor paramétrico para o total dos trihalometanos de cerca de 100 µg/l na torneira dos consumidores (7).

Como subprodutos inorgânicos resultantes do processo de desinfecção com cloro destacam-se os cloratos e cloritos e os bromatos. Enquanto que os cloratos e cloritos são produzidos a partir da decomposição da solução de hipoclorito durante o armazenamento, os bromatos podem ser produzidos como consequência da geração eletrolítica do hipoclorito, no local ou então na produção (63).

A OMS definiu um valor de referência provisória de 0,7 mg / l, tanto para os cloratos como para os cloritos. Em relação aos bromatos, a OMS definiu um valor de referência provisória de 0,01 mg/ l. Este valor (especificado como 10 µg/l) é incluído na Diretiva da UE.

A desinfecção na ETA do Carvoeiro

A última etapa de tratamento da linha líquida é a desinfecção e, assim como a remineralização, dá-se no reservatório de água tratada, através do recurso a uma linha de injeção de cloro gás, que permite o doseamento para o caudal de água potável a produzir. O armazenamento de cloro é realizado em tambores de serviço e de reserva que se encontram numa sala própria, equipada

com um sensor de fugas de cloro e com um sistema de extração automática de gases para o sistema de neutralização de fugas por soda cáustica (22).



Figura 25 - Armazenamento do cloro

A desinfecção realiza-se com a injeção de cloro no reservatório de água tratada, sendo o caudal de dosagem de cloro para a etapa de desinfecção controlado através da medição de caudal e pelo valor residual de cloro determinado pelo analisador de cloro residual existente (22).

3.4. Operações de tratamento de lamas

3.4.1. Equalização de lamas

A equalização é utilizada para contornar problemas operacionais causados por variações de fluxo, para melhorar a performance dos processos a jusante e para reduzir o tamanho e o custo das instalações de tratamento a jusante (53). A equalização permite amortecer não só as pontas de caudal, bem como homogeneizar as características do efluente (64).

A Equalização de lamas na ETA do Carvoeiro

Na ETA do Carvoeiro, a equalização de lamas provenientes da lavagem dos filtros de areia/ antracite e zeólitos, da lavagem dos filtros de CAG, do saturador de cal e as escorrências da desidratação, é realizada num tanque, a partir do qual são elevadas para o flotador que se segue

da linha sólida. O tanque de equalização possui um volume suficiente que assegura lavagens diárias de todos os filtros de areia/antracite e zeólitos e filtros de carvão ativado e encontra-se equipada com um agitador submersível de eixo horizontal para homogeneização das lamas, e por duas bombas do tipo submersível com impulsor *vortex*, sendo uma reserva ativa da outra. A conduta de compressão individual das bombas é equipada com válvulas de retenção de bola e válvulas de seccionamento de cunha (22).

Existe ainda um circuito alternativo de descarga de lamas de cal, que possibilita que estas sejam encaminhadas diretamente para o tanque de bombagem de lamas para a desidratação, etapa posterior da fase sólida, não passando pela etapa de flotação (22).

3.4.2. Flotação de lamas

Os princípios e conceitos aplicáveis na etapa de flotação de lamas consideram-se os mesmos que os apresentados na etapa de flotação da secção 3.2.3.4 do presente capítulo.

A flotação de lamas na ETA do Carvoeiro

A flotação de lamas com ar dissolvido decorre num órgão retangular pré-fabricado em aço inox, equipado com lamelas em fibra de vidro revestido a poliéster e à entrada com um *mixing pipe*, onde se promove a mistura do polímero com a lama a tratar. O flotador possui uma capacidade de tratamento adequado ao caudal proveniente do tanque de equalização. O polímero é adicionado através de uma bomba doseadora do tipo membrana equipada com variador de frequência (22).

As bombas centrífugas horizontais, constituintes do sistema de flotação recirculam a 26% do caudal com uma pressão de cerca de 6 bar, misturando-a com ar fornecido pelo compressor de ar de serviço. Esta mistura é encaminhada até ao flotador, onde através do coletor de distribuição são alimentadas uma serie de tubagens individuais, cada uma equipada na extremidade com peças especiais anti colmatação com forma tubular e construídas em aço inox, nas quais ocorre a despressurização com a consequente formação de microbolhas de ar (22).

Os flocos ficam assim com uma densidade aparente menor em relação ao meio aquoso, uma vez que as microbolhas formadas se incorporam no interior dos mesmos, assegurando a sua flotação até à superfície do flotador. Os dispositivos de arejamento são auto-limpantes (22).

A remoção das lamas flotadas à superfície do flotador é realizada através de um raspador. As lamas são posteriormente encaminhadas para a etapa de desidratação, enquanto que as escorrências desta etapa seguem para a rede de drenagem (22).

3.4.3. Desidratação de lamas

O último processo de tratamento da fase sólida é a desidratação de lamas produzidas. Nesta etapa o principal objetivo é reduzir o teor de humidade das lamas. Para este efeito são utilizadas várias técnicas mecânicas como a filtração, ação capilar, vácuo, separação por centrífuga e compactação que possibilitam uma desidratação mais rápida relativamente a outras técnicas como evaporação natural e percolação (53).

A desidratação de lamas efetuada por centrífuga pretende separar os líquidos de diferentes densidades, ou lamas espessas, ou ainda para remover sólidos (53). A centrífuga consiste num dispositivo de sedimentação no qual a separação sólido-líquido é reforçada pelo uso da força centrífuga. Assim, a lama é submetida a uma força centrífuga através da rotação do líquido a altas velocidades, cuja resultante é superior à força gravitacional de um corpo em repouso. O processo de desidratação por centrífuga é uma técnica muito utilizada na indústria, visto que possui um rendimento elevado e é de fácil operação (65).

A desidratação das lamas na ETA do Carvoeiro

Após a etapa de flotação, as lamas são encaminhadas para um tanque de armazenamento, juntamente com as lamas provenientes da etapa de flotação da linha líquida. Para que as lamas sejam homogeneizadas, este tanque é equipado com um agitador submersível de eixo horizontal. Através de duas bombas de parafuso excêntrico, as lamas são bombeadas para a etapa de desidratação. As bombas são equipadas com variador de frequência e sistema de proteção contra marcha a seco. As condutas de aspiração e compressão individual das bombas são equipadas com válvulas de seccionamento do tipo cunha. O tanque de lamas a desidratar é equipado por um *trop-plein* ligado a rede de drenagem (22).

Para a prossecução da etapa de desidratação mecânica, existe um edifício de desidratação, onde se encontra instalada uma centrífuga que funciona cerca de 12 horas por dia e em 7 dias por semana (22).



Figura 26 – Centrífuga instalada no edifício de desidratação

A etapa de desidratação realiza-se recorrendo a esta centrífuga e com recurso à adição de um polímero, de modo a melhorar a performance do processo de tratamento. Para medir o caudal de lamas a desidratar, existe um caudalímetro eletromagnético. Após o processo de desidratação, as lamas são encaminhadas para os contentores de armazenamento de lamas através de um parafuso transportador. Assim como na etapa de flotação, as escorrências da desidratação são encaminhadas para a rede de drenagem (22).

3.4.4. Adução e armazenamento

A adução de água tratada, desde a ETA do Carvoeiro até aos reservatórios de armazenamento, corresponde à última etapa do SRC. Note-se que o SRC é responsável pela qualidade da água até aos pontos de entrega, sendo que a partir daí a empresa Águas da Região de Aveiro (AdRA) realiza a sua função em baixa.

A água captada, depois de ser bombeada até à ETA do Carvoeiro, é elevada através de duas estações elevatórias a esta agregada, a EE1 e a EE do Beco. Enquanto que a água elevada através da EE1 é bombeada para uma outra estação elevatória, EE2 que, por sua vez, a eleva até ao RPA, a água bombeada a partir da EE do Beco é encaminhada até ao Reservatório do Beco. Na EE1 existem mais dois sistemas elevatórios, um que eleva a água até ao R1 e o outro que encaminha a água até ao R16.

Entre a EE1 e a EE2 e a EE2 e o RPA existe uma conduta elevatória de 700mm que transporta um caudal de 485 l/s. Adicionalmente, a partir da EE1, existe uma conduta em PVC que transporta a água para o reservatório 16 (R16) com um caudal de 8 m³/h para abastecer Mouquim e Póvoa do concelho de Albergaria-a-Velha e Carvoeiro de Águeda. Partindo do RPA sai uma conduta elevatória em PVC que transporta 50 m³/h até ao reservatório 4 (R4) em Albergaria-a-Nova. A bombagem da água a partir do RPA até ao R4 é realizada através de uma estação elevatória (EEAN). Na totalidade existem cerca de 16500 m de comprimento de condutas elevatórias.

A partir do RPA para jusante, a água é encaminhada com um caudal de ponta de 460 l/s. Note-se que tanto o RPA como o Reservatório do Beco constituem centros regularizadores de todo o sistema gravítico, uma vez que se encontram localizados a uma cota superior mais elevada do que a dos restantes reservatórios, possuindo também uma maior capacidade de armazenamento. A partir do RPA a água é encaminhada através de uma conduta gravítica, para dois sectores principais: o norte que vai até S. Jacinto e Ovar, como extremos e o sul que termina em Ílhavo, depois de servir Aveiro.

O abastecimento dos municípios de Oliveira do Bairro e Vagos é realizado a partir do Nó R6/R7, localizado em São Bernardo, em Aveiro. Em Oliveira do Bairro destacam-se os reservatórios de Mamarrosa, Bustos, Palhaça, Oliveira do Bairro, Oiã e Silvério. Em Vagos, os reservatórios abastecidos, pertencentes à AdRA são Santo António, Ervedal e Lavandeira.

O abastecimento de Águeda é assegurado inicialmente através da estação elevatória designada EE do Beco que foi executada na nova ETA do Carvoeiro. A EE do Beco abastece o reservatório principal de adução do sistema de abastecimento de Águeda, o reservatório do Beco, com capacidade de 2000 m³ e implantado à cota de 124 m. A adução a este reservatório é realizada através de uma conduta elevatória compreendendo cerca de 3,7 km de extensão.

O Reservatório do Beco abastece os reservatórios R1 em Cortal, R0 em Centro de Saúde, Rra em Recardães, R4 em Vale Grande e ainda Á-dos-Ferreiros, com um caudal total de 100 l/s.

Uma vez que o reservatório Á-dos-Ferreiros se encontra implantado a uma cota de 205 m, surgiu a necessidade de construção de uma estação elevatória localizada na freguesia de Valongo do Vouga, denominada EE de Á-dos-Ferreiros. Entre a EE de Á-dos-Ferreiros e o reservatório Á-dos-Ferreiros, existe uma conduta elevatória que se desenvolve numa extensão de cerca de 6,3 km.

A interligação do sistema de adução ao município de Águeda ao sistema de adução existente antes da implementação do projeto de expansão, é realizada através da ligação da conduta adutora que sai do reservatório do Beco à adutora do R1 em Macinhata do Vouga.

No total, o SRC integra a 33 reservatórios, 5 Estações Elevatórias (EE) e cerca de 248 km de condutas adutoras.

Qualidade da água nos reservatórios da água tratada

O Programa de Controlo e Qualidade da Água incide em análises de amostras de água em todos os pontos de entrega de água, conforme a legislação em vigor. No capítulo 4 são analisados alguns dos resultados obtidos, no sentido de identificar eventuais perigos e a sua probabilidade de ocorrência na temática da avaliação de risco.

Consumos

Na Figura 27, encontra-se representada a evolução dos caudais fornecidos ao sistema e consumidos desde o ano de 1996 até 2014.

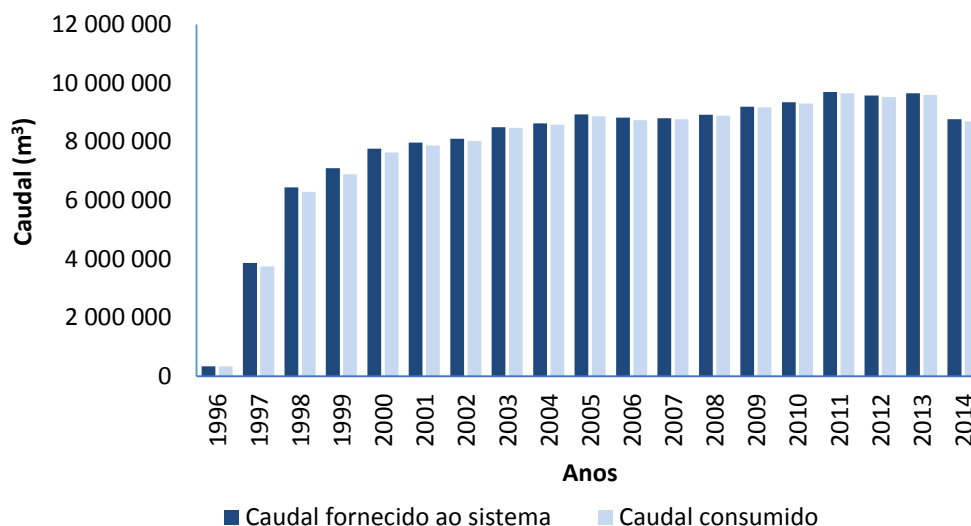


Figura 27 – Tendência dos caudais fornecidos ao sistema e consumido no SRC

Atendendo à Figura 27, observa-se um aumento gradual do caudal fornecido ao sistema e do caudal consumido, ao longo do período de tempo considerado. Eventuais fugas de água não detetáveis e roturas nas condutas da rede de abastecimento e eventuais erros de leitura dos medidores de caudal explicam caudais consumidos inferiores aos caudais fornecidos ao sistema,

embora num valor muito reduzido. A média do caudal fornecido ao sistema e consumido é respetivamente 7.914.206 m³ e 7.842.732 m³, resultando numa perda de água de cerca de 0,9%.

3.5. Gestão e controlo do Sistema

Todo o sistema é controlado e gerido através do Sistema Centralizado de Comando e Controlo (SCCC) que permite obter informação em contínuo acerca do estado dos diferentes órgãos do sistema e do seu funcionamento de modo automático (45).

No que concerne ao controlo da qualidade de água, este é realizado no laboratório Luságua existente na sede da empresa. Paralelamente é medido *on-line*, através de sondas, o cloro residual e o pH à saída da ETA e no RPA, e o cloro residual em todos os reservatórios e pontos de entrega, que podem ser ou não reservatórios.

Com o arranque da nova ETA são também medidos em contínuo a turvação, o pH e o ozono residual ao longo da linha de tratamento. O alumínio é controlado diariamente.

Existe também uma estação de monitorização e alerta instalada no rio Vouga, em Pessegueiro do Vouga, a montante das captações, que mede a concentração de vários parâmetros em contínuo, eu está a ser reabilitada no âmbito das obras em curso (45).

No sentido de facilitar a gestão operacional de todo o sistema, a empresa concessionária recorre a um *software* designado NAVIA™, onde os operadores fazem todos os registos necessários e onde os gestores planeiam e controlam todas as tarefas diárias de operação.

3.5.1. Controlo e Qualidade da Água

O controlo e a qualidade da água do Carvoeiro são assegurados através de um plano analítico, o Programa de Controlo e Qualidade da Água (PCQA), que define e calendariza as análises a efetuar à água tratada e armazenada nos pontos de entrega. Adicionalmente, o plano analítico também abrange as análises realizadas à água do rio e captações e ainda à água armazenada em reservatórios que não são pontos de entrega, como é o caso do RPA, que se engloba na monitorização operacional.

O PCQA é um plano anual de controlo e monitorização da água distribuída para consumo humano, previsto pelo Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto. O PCQA é aprovado anualmente pela ERSAR. Nestes planos são definidos o número de análises a realizar ao longo

do ano seguinte, a cerca de 50 parâmetros atendendo aos Valores Paramétricos estabelecidos pelas normas de qualidade da água destinada a consumo humano. Estas análises são realizadas no laboratório acreditado Luságua (7,66).

A implementação do PCQA aprovado, bem como o controlo suplementar que as entidades gestoras realizam no sistema (estações de tratamento e rede de distribuição da água), são sujeitos a ações de fiscalização realizadas pela ERSAR (66).

Os resultados obtidos decorrentes da implementação do PCQA aprovado encontram-se disponíveis no sítio da internet Águas do Vouga, S.A. e também no Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP) emitido todos os anos pela ERSAR. Estes resultados permitem avaliar o grau de cumprimento das normas de qualidade da água para consumo humano (66).

Segundo o Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de agosto, existem três grupos de parâmetros que devem ser controlados nos reservatórios, no âmbito do PCQA, designadamente: parâmetros de controlo de rotina 1, parâmetros de controlo de rotina 2, e controlo de inspeção. O principal objetivo do controlo da rotina 1 e 2 é fornecer regularmente informações sobre a qualidade organolética e microbiológica da água destinada a consumo humano e ainda sobre a eficácia dos tratamentos a que a água captada é sujeita. Por outro lado, o objetivo do controlo da inspeção é obter informações necessárias para verificar o cumprimento dos Valores Paramétricos (VP) estabelecidos na legislação (7). Os parâmetros constituintes de cada grupo de controlo encontram-se na Figura 28.

Na elaboração do plano do PCQA, devem ser consideradas as frequências mínimas de amostragem e de análise da água destinada para consumo humano estabelecidas para cada parâmetro a controlar, que se encontram no Anexo II do Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de agosto. Esta frequência varia consoante o volume de água fornecida na zona de abastecimento.

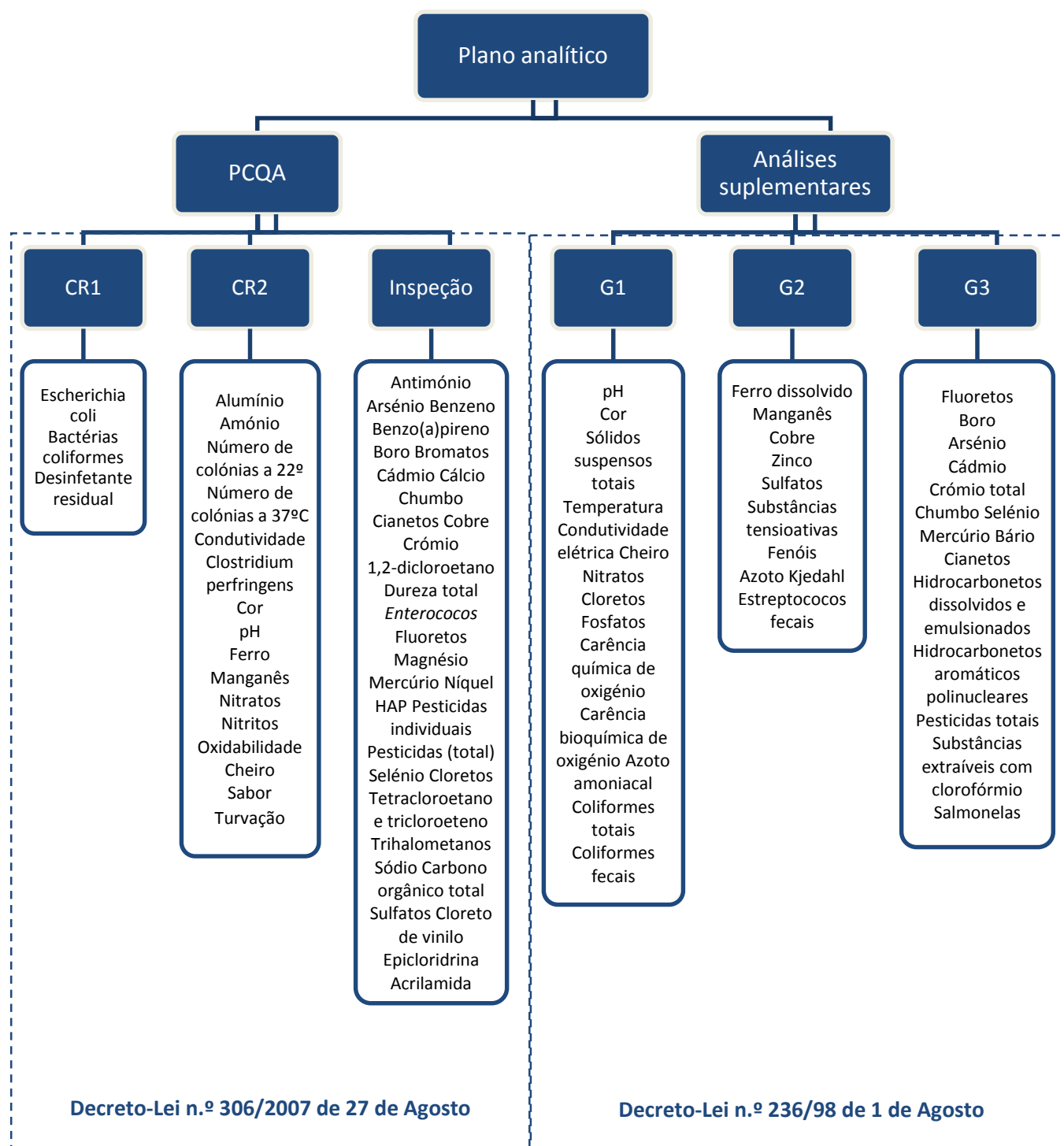


Figura 28 - Parâmetros da qualidade da água constituintes dos grupos CR1, CR2, Inspeção, G1, G2, G3, conforme a legislação em vigor

O plano analítico é também constituído por análises que são realizadas à água do rio Vouga, às captações e ainda à água armazenada no RPA. Para a água do rio e das captações a qualidade tem sido determinada, dando cumprimento ao Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto, onde os parâmetros em análise são agrupados em três grupos, designadamente G1, G2 e G3, como ilustra a Figura 28 (67).

Segundo o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, o tratamento das águas doces superficiais e das águas subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano, varia consoante a qualidade da água na origem. Assim, são apontados três esquemas tipo de tratamento referentes a três classes distintas de qualidade, nomeadamente: tratamento físico e desinfecção, relativo às águas incluídas na classe mais exigente em termos de qualidade (A1); tratamento físico, químico e desinfecção, relativo a águas incluídas numa classe intermédia (A2); e tratamento físico, químico, de afinação e desinfecção para águas incluídas na classe menos exigente em termos de qualidade (A3) (47).

A frequência mínima de amostragem e de análise de águas superficiais que deve ser considerada no plano analítico, para cada grupo de análises está contemplada no anexo IV do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto, e varia consoante o tipo de classe atribuída à água superficial (A1, A2 e A3) (9).

3.5.2. Plataforma de apoio à gestão operacional - NAVIA™

Para facilitar a gestão e controlo operacional do SRC, a empresa Águas do Vouga S.A. recorre à plataforma de gestão operacional NAVIA™ (68). Esta plataforma consiste numa aplicação informática especializada para as empresas que operam infraestruturas de captação, tratamento e distribuição de água para consumo e a coleta e o tratamento de águas residuais. Esta plataforma permite trabalho colaborativo, que suporta todos os processos do dia-a-dia da operação e com a qual trabalha toda a equipa que está no terreno, os gestores e os operadores. Todos os utilizadores possuem um *username* e login individuais, através do qual acedem ao *software*, sendo definidos diferentes níveis de acesso.

Todo o trabalho é definido, registado e controlado, e toda a informação é preservada, tratada e consultada quando necessário. Note-se que esta ferramenta de trabalho permite ainda a integração de dados das diferentes plataformas informáticas que normalmente são utilizadas

pelas entidades gestoras de abastecimento de água, nomeadamente, Cadastro, Financeiro, Comercial, SCADA, LAB, Equipa, *Stakeholders* e Infraestrutura.

As principais funcionalidades da aplicação encontram-se resumidas na Figura 29.



Figura 29 – Funcionalidades do NAVIA™

Para além das funcionalidades apresentadas, dada a sua especificidade, encontram-se organizadas por módulos, nomeadamente, gestão de ocorrências; reagentes; resíduos; controlo analítico; gestão de infraestruturas; gestão de energia; gestão de contadores; georreferenciação; gestão de indicadores e planos de segurança da água.

A utilização desta ferramenta de trabalho pressupõem o entendimento de alguns conceitos, entre os quais, a árvore de localizações (incluindo nó agregador, nó, unidade agregadora, unidade standard), variável, domínio, parâmetro e alarme.

- **Árvore de localizações** - estrutura hierárquica de nós em árvore. Cada nó representa uma entidade específica ao longo de todo o processo de tratamento de água. Esta estrutura em árvore traduz a forma como a informação é organizada. As localizações classificam-se em:
 - Nó agregador - representa uma entidade global que agrupa varias entidades específicas;
 - Nó - entidade “filha” do nó agregador, representando as principais instalações da organização, nas quais são definidas as tarefas a realizar;
 - Unidade agregadora - entidade que especifica uma das etapas do processo de tratamento, podendo agrupar diversas unidades agregadoras e/ou *standard*. Estas unidades permitem criar uma estrutura de unidades em árvore. As unidades agregadoras tem apenas como atributo a sua designação e são unidades às quais se podem associar outras unidades (agregadoras ou *standard*);
 - Unidade *standard* - entidade mais específica na hierarquia do NAVIA e está associada a pontos de leitura nos quais são definidas variáveis, equipamentos e depósitos.
- **Variável** - entidade na qual se define os valores a registar no NAVIA™. Cada variável pertence apenas a uma unidade *standard* e corresponde à associação de um parâmetro e de um domínio a uma localização. As variáveis podem ser globais, totalizadoras, calculadas, mensais ou constantes.
- **Domínio** - conjuntos de valores que as variáveis podem assumir. Todas as variáveis do NAVIA™ devem ter este atributo definido, nomeadamente, domínios reservados, numéricos, data, intervalo de tempo, texto e do utilizador.
- **Parâmetro** - atributo das variáveis, no qual se definem as unidades de medida, o número de casas decimais, permitindo atribuir cores a diferentes gamas de valores.
- **Alarme** – Valor limite superior ou inferior acima ou abaixo dos quais, se forem registados valores, estes geram um alarme.

4. Trabalho desenvolvido em ambiência de estágio

Neste capítulo apresentam-se todos os resultados que foram obtidos durante o período de estágio na empresa Águas do Vouga, S.A.. A experiência adquirida neste estágio resultou da participação em tarefas que abrangem várias áreas envolvidas na ação de uma entidade gestora em alta de um sistema de abastecimento de água, designadamente relativas à revisão do Plano de Segurança da Água (PSA) adaptado às necessidades do Sistema Regional do Carvoeiro (SRC), após a obra de expansão; programação e operacionalização do PCQA requerido pelo Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto; configuração de uma plataforma de gestão operacional designada NAVIA™ e por último, a revisão de dois processos contemplados no Manual de Gestão, decorrente da nova obra de expansão do SRC. O capítulo é dividido em cinco secções. A secção 4.1 abrange uma análise à qualidade da água fornecida ao sistema e armazenada nos reservatórios do SRC, tendo por base resultados de monitorização num período temporal de dez anos consecutivos. Na secção 4.2 são apresentadas todas as etapas desenvolvidas da revisão do Plano de Segurança da Água efetuada ao Sistema Regional do Carvoeiro, após a obra de expansão. A secção 4.3 destina-se ao plano PCQA desenvolvido para o próximo ano de 2016, sendo apresentada a metodologia utilizada. Quanto à secção 4.4, esta centra-se na configuração realizada à plataforma de gestão operacional NAVIA™, decorrente das alterações do sistema após a obra de expansão. Por último a secção 4.5 apresenta uma proposta de revisão efetuada ao Manual de Gestão da Águas do Vouga, S.A. relativa ao processo 1 referente à Captação, Tratamento e Abastecimento e ao processo 8 correspondente à Gestão do Plano de Segurança da Água - Análise de risco para a saúde humana.

4.1. Análise da qualidade da água fornecida e armazenada

No intuito de auxiliar a avaliação de risco efetuada na revisão do PSA ao SRC, nomeadamente na identificação de perigos e na determinação da probabilidade de ocorrência, efetuou-se uma análise aos resultados de monitorização da qualidade da água do rio Vouga, no local das captações, da água das captações subterrâneas e ainda da água tratada armazenada nos reservatórios. Esta análise teve por base os dados de monitorização efetuada desde o ano de 2004 até 2014, resultantes dos planos analíticos implementados pela Águas do Vouga, S.A..

4.1.1. Análise de resultados de monitorização da água do rio

Recorrendo os dados obtidos na monitorização da qualidade da água do rio Vouga foi possível realizar uma análise na perspetiva de avaliação de riscos e ainda classificar a água do rio, considerando as categorias estabelecidas segundo o Decreto-Lei nº 236 de 1 de Agosto de 1998, no anexo I relativo à qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano. Nesta classificação são comparados os dados obtidos com os Valores máximos admissíveis (VMA) e com os Valores máximos recomendados (VMR) das categorias A1 (tratamento físico e desinfeção), A2 (tratamento físico e químico e desinfeção) e A3 (tratamento físico, químico de afinação e desinfeção). Segundo a legislação, o VMR é o valor de norma de qualidade que, de preferência, deve ser respeitado ou não excedido e o VMA é o valor de norma de qualidade que não deverá ser ultrapassado.

Os parâmetros analisados no estudo efetuado foram: os coliformes fecais e totais; o ferro dissolvido; o manganês; o arsénio; o selénio; os fosfatos; os nitratos; o azoto amoniacal; a temperatura; o pH; os Sólidos Suspensos Totais (SST); os pesticidas totais; a condutividade; os hidrocarbonetos, incluindo os hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados e os Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP); o número total de fitoplâncton, e por último, as cianobactérias.

O primeiro parâmetro em análise foram os coliformes. A Figura 30 e Figura 31 apresentam a variação da concentração de coliformes totais e fecais no rio Vouga, durante dez anos consecutivos, desde 2004 a 2014.

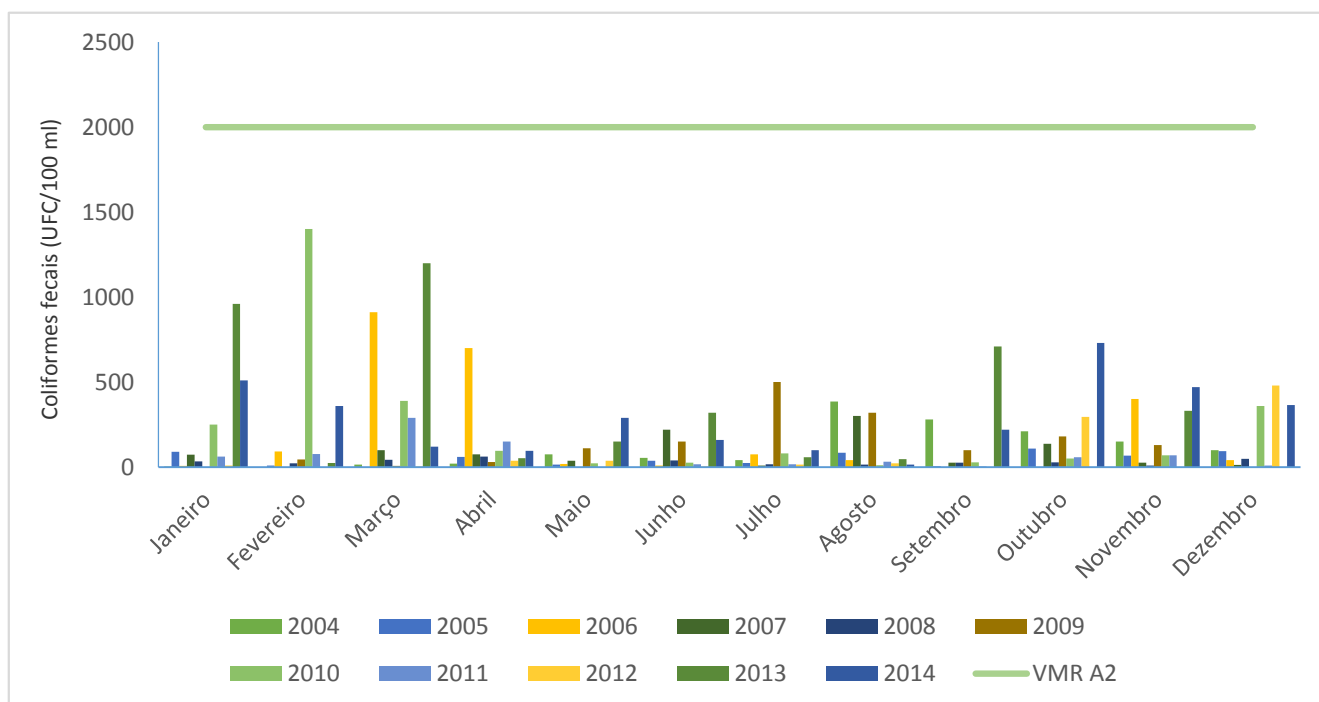


Figura 30 – Variação da concentração dos coliformes fecais no rio Vouga

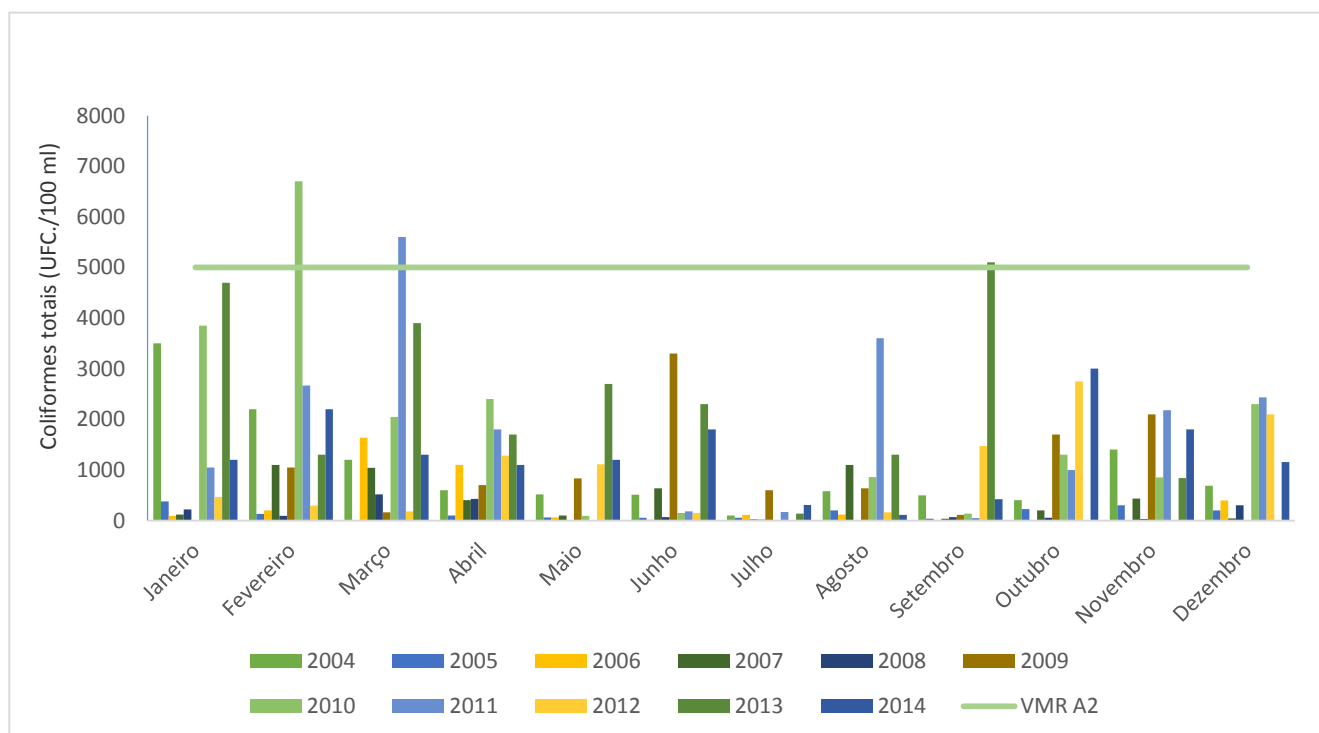


Figura 31 – Variação da concentração dos coliformes totais no rio Vouga

No período em análise, tanto a concentração de coliformes totais, como a de coliformes fecais variam significativamente ao longo dos vários meses. O máximo de concentração de coliformes fecais foi atingido no ano de 2010, em fevereiro, com um valor de 1400 em 100 ml. Quanto aos coliformes totais, verifica-se um valor máximo de 6700 em 100 ml em fevereiro de 2010.

Observando a variação da concentração dos coliformes fecais ao longo do período de tempo em análise, e tendo em consideração a legislação em vigor, verifica-se que os coliformes fecais permitem classificar a água superficial do rio na classe do tipo A2 (tratamento físico, químico e desinfecção), uma vez que ultrapassam os VMR da classe A1, com o valor de 20 coliformes fecais em 100ml. Por outro lado, os valores de concentração de coliformes totais registados no mês de fevereiro de 2010, março de 2011 e setembro de 2013 classificam a água superficial do rio Vouga na classe A3, ultrapassando apenas nestes pontos o VMR da classe A2 (5000 em cada 100ml). Na perspetiva de avaliação de risco, verifica-se que tanto os coliformes fecais, como totais se encontram presentes em qualquer altura do ano no rio Vouga, contendo concentrações de coliformes superiores no primeiro trimestre de cada ano.

A radioatividade foi também analisada, considerando a variação dos parâmetros beta total e alfa total, durante os dez anos consecutivos. Verificou-se que grande parte dos dados são inferiores aos limites de quantificação dos aparelhos de laboratório que medem estes parâmetros, e portanto, não é possível identificar uma tendência realista. Nota-se que o ano de 2005 registou valores superiores, em relação aos outros anos, para os dois parâmetros, registando um valor máximo de concentração de 0,093 bq/l e 0,13 bq/l, de alfa total e beta total, respetivamente.

Assim, verifica-se numa perspetiva de avaliação de risco, que os parâmetros alfa total e beta total não são considerados perigos significativos no período de tempo em análise. Segundo a legislação em vigor, tanto o alfa total como o beta total não constituem parâmetros que avaliam as águas superficiais.

A análise efetuada aos metais incidiu em vários parâmetros de qualidade da água, nomeadamente, o alumínio, ferro, o manganês, o arsénio e o selénio.

A Figura 32 apresenta a variação da concentração de alumínio no rio Vouga, desde 2012 a 2014.

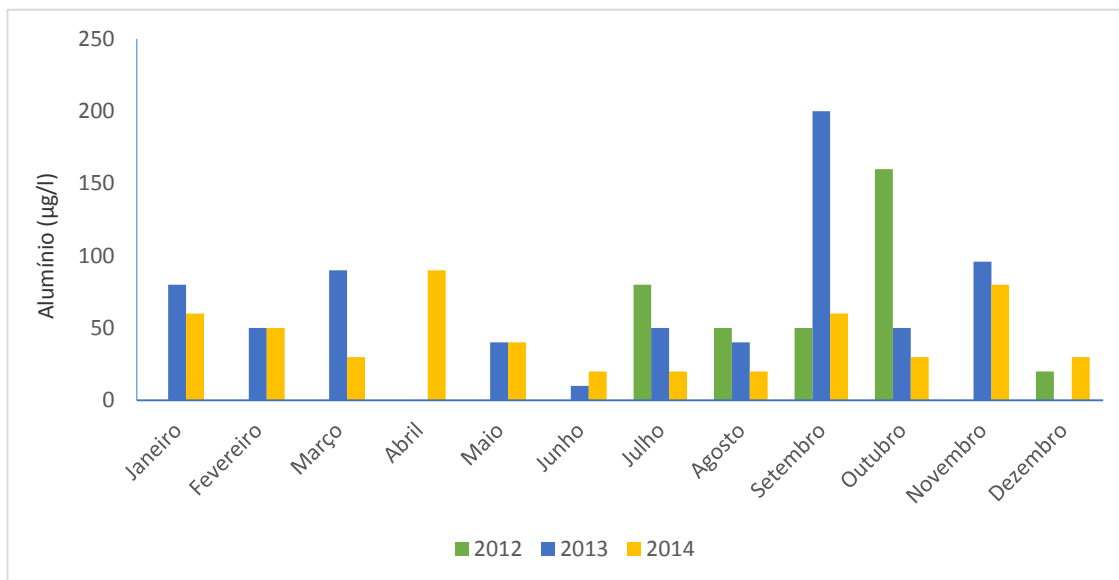


Figura 32 - Variação da concentração do alumínio no rio Vouga

Considerando a Figura 32, verifica-se que a concentração de alumínio no rio Vouga, no período de tempo em análise, varia consideravelmente. Regista-se o valor máximo de 200 µg/l em setembro de 2013, que coincide com o valor paramétrico estabelecido no Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto, relativo à qualidade da água destinada a consumo humano. Neste sentido é possível constatar que no período de tempo considerado, o alumínio constitui um perigo significativo na água do rio Vouga. Assim como a radioatividade, o alumínio não é um parâmetro que a legislação considera na classificação das águas superficiais.

A Figura 33 representa a variação da concentração do ferro dissolvido na água do rio Vouga nos meses de janeiro, abril e outubro desde 2004 a 2014.

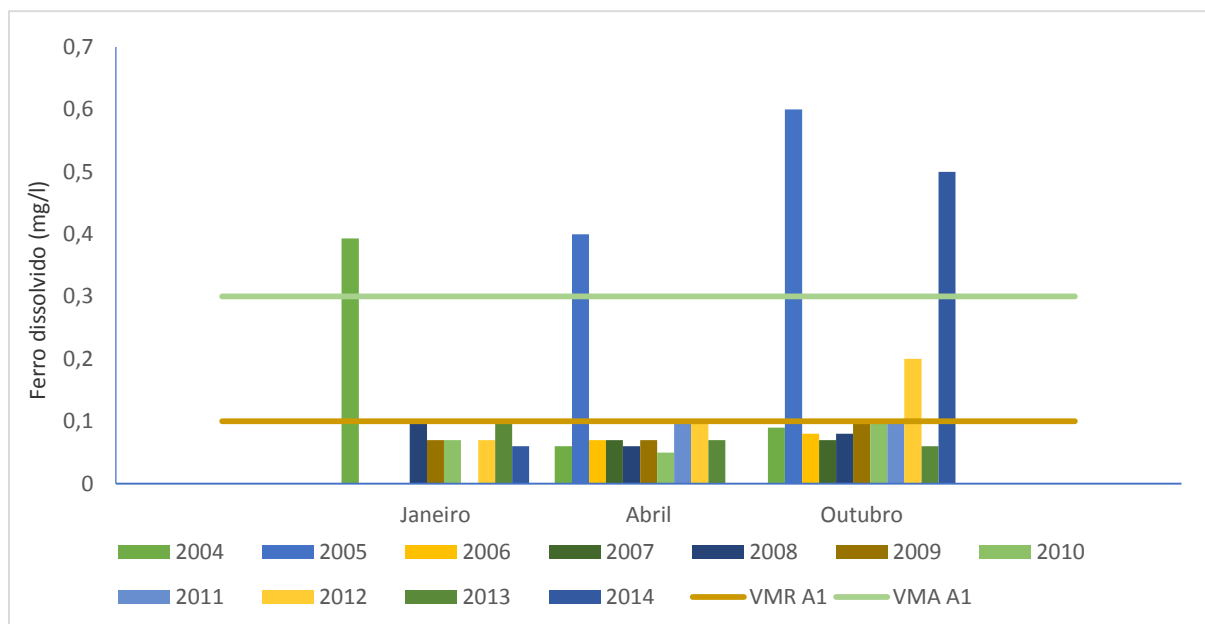


Figura 33 - Variação da concentração de ferro dissolvido no rio Vouga

Verifica-se que a concentração de ferro dissolvido na água do rio manteve-se relativamente constante no decorrer do ano, exceto nos anos de 2004, 2005 e 2012 apresentando variações. Evidencia-se um valor máximo de 0,6 mg/l no mês de outubro do ano de 2005, que permite classificar a água na categoria A2, uma vez que ultrapassa o VMA da categoria A1 das águas superficiais. Considerando esta excedência, verifica-se que o ferro dissolvido deve constar como um perigo a ter em conta na avaliação de risco efetuada á água do rio Vouga.

Quanto ao manganês, uma vez que grande parte dos dados revelou ser inferior ao limite de quantificação dos aparelhos de medição, não foi possível identificar uma tendência realista da evolução da concentração deste parâmetro na água do rio. No entanto, verificou-se que os valores de concentração de manganês acima do limite de quantificação são sempre inferiores ao VMR da categoria A1 (0,05mg/l), registando um máximo de 0,04 mg/l em outubro de 2005. Numa perspetiva de avaliação de risco, constata-se que o manganês deve ser considerado, uma vez que apesar de nunca ter excedido o VMR da categoria A1, no mês de outubro de 2005 registou um valor muito próximo deste.

Relativamente aos metais arsénio e selénio, ambos os parâmetros apresentaram valores de concentração quase sempre inferiores ao limite de quantificação dos aparelhos de medição no período de tempo em análise. Registaram-se os valores máximos de concentração de 0,003 mg/l em outubro de 2014 e 0,009 mg/l em abril de 2006, para o arsénio e selénio, respetivamente. Tendo em conta os valores máximos registados, constata-se que tanto o selénio como o arsénio

permitem classificar a água do rio Vouga na categoria A1, não excedendo os VMA estipulados na legislação (0,05 mg/l no caso do arsénio, e 0,01 para o selénio). Assim, verifica-se, que no ponto de vista de avaliação de risco, os metais pesados arsénio e selénio são considerados perigos pouco significativos na água do rio Vouga.

Foram também analisados os parâmetros fosfatos, nitratos e azoto amoniacal durante os dez anos consecutivos. Estes parâmetros apresentaram vários dados inferiores aos limites de quantificação, assim a representação da sua evolução não seria realista, mas sim disfarçada por estes valores.

Considerando os poucos valores acima destes limites de quantificação, verifica-se que a concentração de fosfatos se manteve relativamente constante ao longo do tempo, registando um valor máximo de concentração de 0,4 mg/l em outubro de 2007. Este valor coincide exatamente com o VMR da categoria A1 estipulado na legislação, classificando assim a água superficial nesta categoria.

Relativamente aos nitratos, a maior parte dos dados é inferior a 11 mg/l (limite de quantificação do aparelho de medição), sendo esta a concentração máxima registada na água do rio Vouga, a partir do ano de 2006. Assim, verifica-se que os nitratos permitem classificar a água na categoria A1, nunca ultrapassando o VMR de 25mg/l.

Quanto ao azoto amoniacal, os valores acima do limite de quantificação variam consideravelmente durante o período em análise. Regista-se um valor máximo de 0.95 mg/l em outubro de 2005, sendo que a partir do ano de 2009 os dados se apresentam sempre inferiores a 0,1 mg/l (limite de quantificação do aparelho). Assim, constata-se que este parâmetro permite classificar a água do rio Vouga na categoria A2, não ultrapassando o VMR de 1 mg/l.

Numa perspetiva de avaliação de risco, conclui-se que o azoto amoniacal deve ser considerado um perigo significativo, na etapa de água bruta.

A Figura 34 apresenta a variação da temperatura da água do rio Vouga durante os dez anos consecutivos.

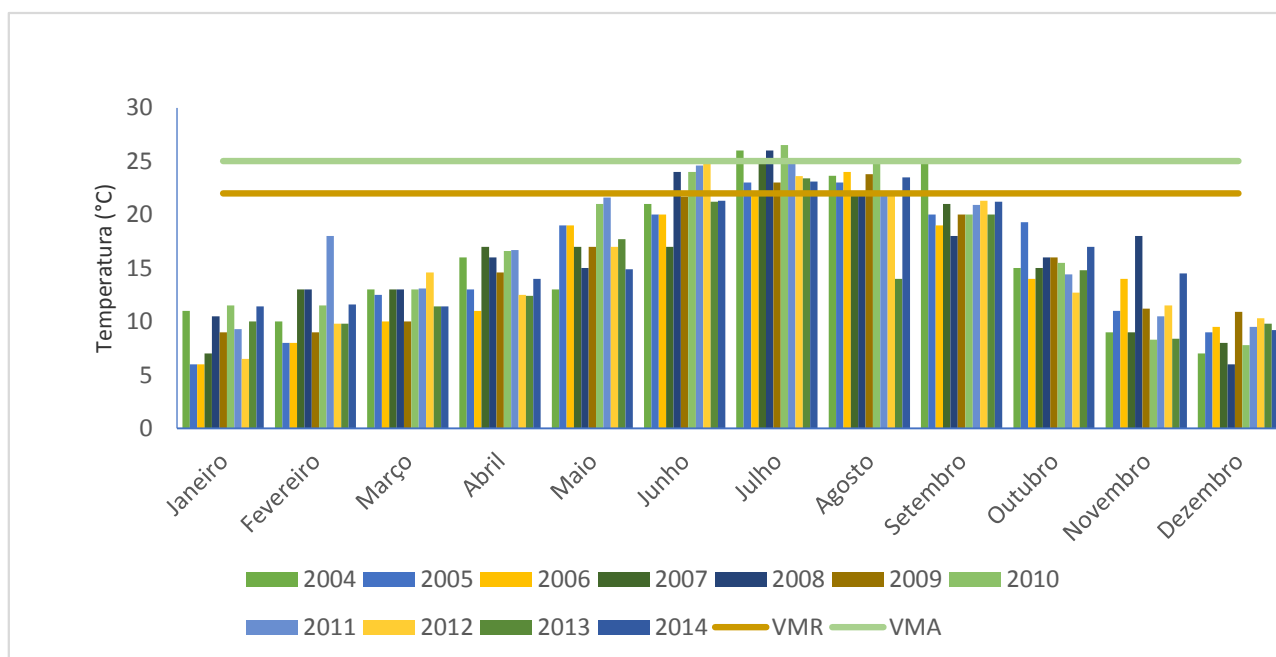


Figura 34 - Variação da temperatura da água do rio Vouga

Analisando a Figura 34 relativa à evolução da temperatura da água do rio Vouga, no período de tempo em análise, verifica-se que, como era de esperar a evolução anual segue a mesma tendência em todos os anos estudados, sendo que se observa um valor máximo de 26,5 °C no mês de julho de 2010, ultrapassando o VMA de 25°C estipulado para as três categorias de classificação das águas superficiais. Note-se que os valores de temperatura elevados são consequência do efeito da retenção da água provocada pelo açude do rio, juntamente com uma insolação forte nos meses de verão.

A Figura 35 apresenta-se a variação do pH da água do rio Vouga no período de tempo em análise.



Figura 35 - Variação do pH da água do rio Vouga

Verifica-se que geralmente, assim como na temperatura, a evolução anual segue a mesma tendência na maior parte dos anos estudados, registando-se um valor máximo de 10,2 atingido em agosto de 2006. Tendo em conta estes valores, verifica-se que o pH excede o VMR estipulado tanto na categoria A1, como A2 e A3. Importa referir que os valores de pH elevados são justificados pelo efeito de retenção de água no açude, e pela forte insolação no verão, condições estas propícias ao crescimento intenso de algas e ao aumento de fotossíntese. Assim, verifica-se que o pH constitui um perigo a considerar na avaliação de riscos para a saúde humana, na etapa de água bruta.

A variação da condutividade na água do rio Vouga apresenta-se na Figura 36.

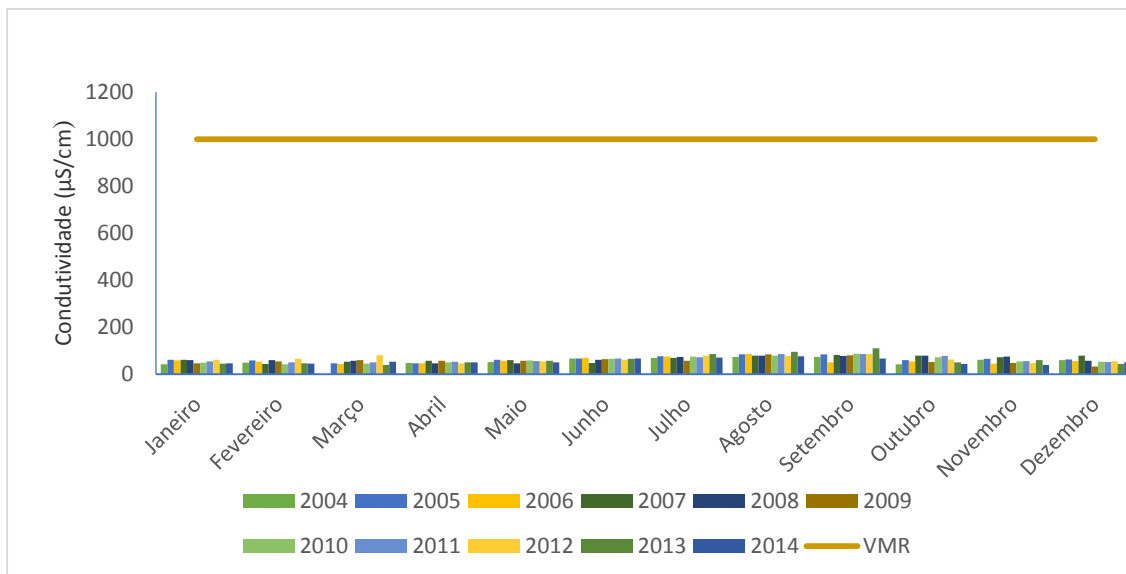


Figura 36 - Variação da condutividade na água do rio Vouga

Analisando a Figura 36, relativa à variação da condutividade na água do rio Vouga, durante os dez anos consecutivos, verifica-se que esta apresenta manter-se relativamente constante ao longo dos anos, seguindo a mesma tendência para todos os anos. Regista-se um valor máximo de 111 $\mu\text{S/cm}$ em setembro de 2013, encontrando-se muito abaixo do VMR de 1000 $\mu\text{S/cm}$ estipulado na legislação para as três categorias.

Quanto à turvação, parâmetro que apenas começou a ser monitorizado na água do rio a partir do ano de 2010, verificou-se que existem vários valores inferiores ao limite de quantificação do aparelho analítico de 0,8 UNT. Contudo, regista-se um valor máximo de 8,7 UNT em março de 2013. Importa referir que a turvação não constitui um parâmetro considerado na classificação das águas superficiais nas categorias definidas pela legislação em vigor.

Os Sólidos Suspensos Totais (SST) também foram analisados neste estudo, tendo-se verificado que, a maior parte dos dados se encontram inferiores ao limite de quantificação de 3 mg/l. No entanto regista-se um valor máximo de 18 mg/l atingido em agosto de 2006. Tendo em conta que este valor máximo é inferior ao VMR estipulado para a categoria A1 de 25 mg/l, este parâmetro permite classificar a água do rio Vouga nesta mesma categoria. Considerando a avaliação de risco, constata-se que os SST não constituem um perigo significativo na etapa de água bruta.

A monitorização da concentração dos pesticidas totais na água do rio Vouga, desde o ano de 2004 até 2014, possibilitou verificar que todos os valores registados encontram-se inferiores aos limites de quantificação dos aparelhos analíticos, isto é, 0,1 µg/l até 2009, 0,01 µg/l em 2004, 0,05 µg/l até 2011 e 0,08 µg/l em 2014. A concentração dos pesticidas totais na água do rio é diminuta, nunca ultrapassando o VMR da categoria A1 (1 µg/l) permitindo classificar esta água nesta mesma categoria da legislação em vigor. Do ponto de vista de avaliação de riscos, os pesticidas não constituem um perigo significativo na etapa de água bruta na água superficial.

A análise aos hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados e aos Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP), permitiu constatar que a maior parte dos dados de monitorização se encontram inferiores aos limites de quantificação dos aparelhos analíticos. Para o caso dos hidrocarbonetos dissolvidos emulsionados os limites de quantificação variaram, apresentando valores de 0,01 mg/l, 0,005 mg/l, 0,03 mg/l e 0,02 mg/l. Para os HAP, os limites variaram entre 0,01 µg/l, 0,005 µg/l e 0,02 µg/l. Quanto aos valores máximos observados, regista-se a concentração de hidrocarbonetos dissolvidos de 0,087 mg/l atingida em abril de 2010 e no caso dos HAP, o valor máximo de 0,02 µg/l que corresponde ao limite de quantificação atingindo várias vezes nos anos de 2012, 2013 e 2014. Considerando estes valores, verifica-se que os hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados classificam a água do rio Vouga na categoria A2, uma vez que ultrapassam o VMA da categoria A1 (0,05 mg/l), contudo, verifica-se que apenas ultrapassam este VMA apenas duas vezes durante o período de tempo em análise. Pelo contrário, os HAP atribuem a categoria A1 à água do rio Vouga, visto que não atingem o VMA (0,2 µg/l). Assim, verifica-se que os hidrocarbonetos não constituem um perigo significativo na água do rio Vouga.

A Figura 37 apresenta a evolução do número de fitoplâncton na água do rio, desde o ano de 2010 a 2014.

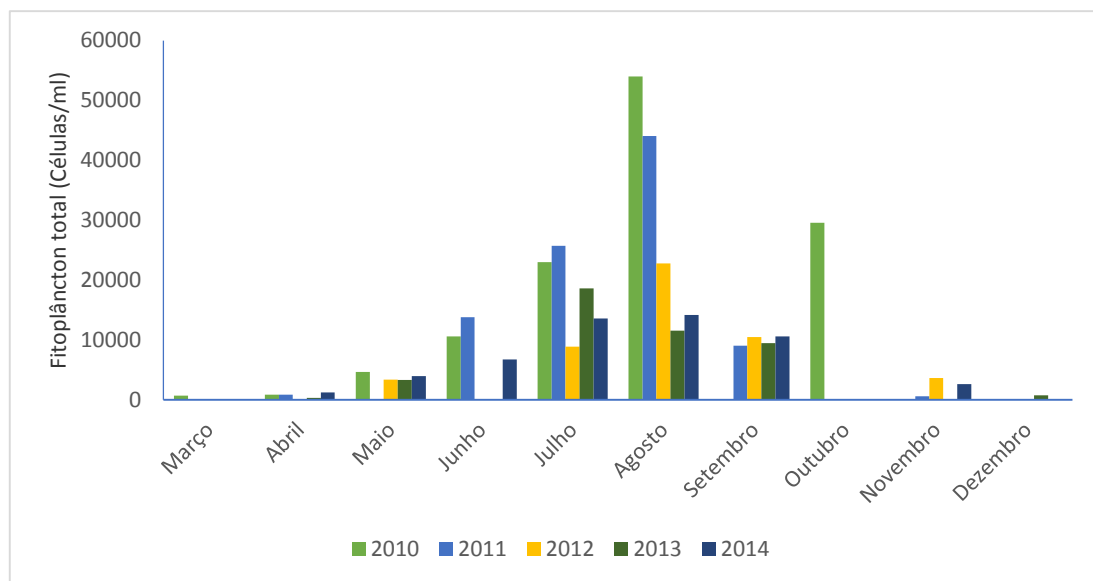


Figura 37 – Variação do número de fitoplâncton na água do rio Vouga

Atendendo à Figura 37, nota-se que o número de fitoplâncton ao longo dos anos em estudo tem variado significativamente, devido à variabilidade anual do nível hidrológico do curso de água e da sua composição.

Verifica-se que o número de fitoplâncton é menor nos meses de março, abril, maio, dezembro e novembro, atingindo o mínimo de 23,8 no mês de maio em 2011. Pelo contrário, o número de fitoplâncton é maior nos meses de verão, isto é, em julho e agosto, registando o máximo de 54037,2 no mês de agosto de 2010. Estes dados são justificados pelo efeito do açude nos meses de verão, juntamente com uma forte insolação, que provoca o aumento da temperatura da água, devido a um maior tempo de residência da água no açude, e posterior crescimento de fitoplâncton, bem como um aumento do pH. A precipitação também influencia o crescimento de fitoplâncton, sendo que nos meses de inverno, o caudal do rio é maior e a concentração de algas é também reduzida.

A variação do número de cianobactérias apresenta-se na Figura 38.

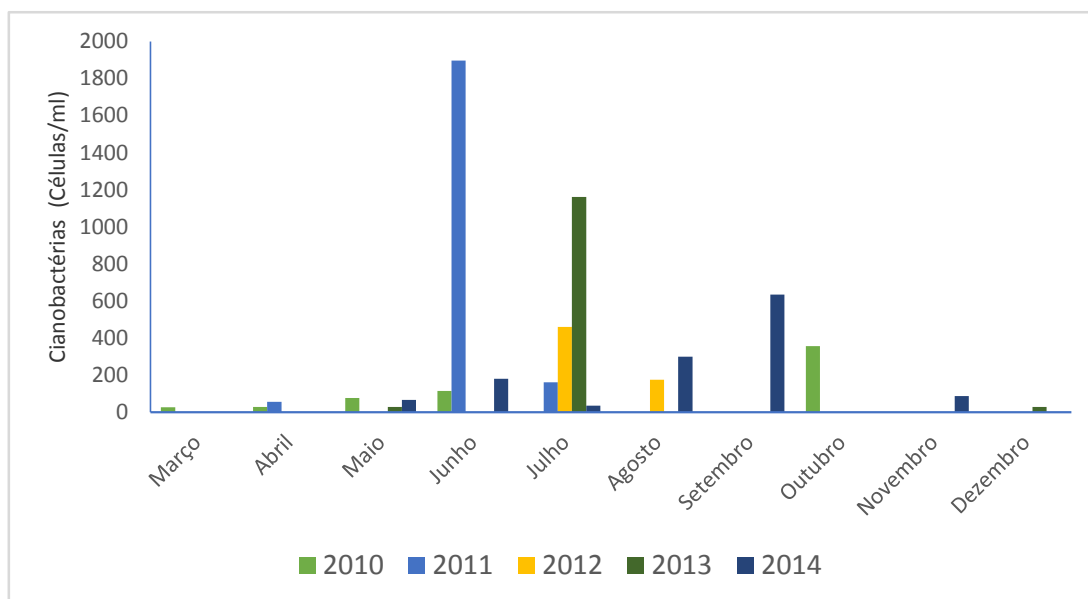


Figura 38 – Variação no número de cianobactérias na água do rio Vouga

O número de cianobactérias varia consideravelmente no período de tempo em análise na água do rio Vouga. Observa-se um máximo no mês de junho no ano de 2011, alcançando o valor de 1897,2 de cianobactérias. Esta espécie de fitoplâncton pode produzir toxinas, designadas cianotoxinas, que em elevada concentração, provocam a alteração do sabor e odor da água, tornando-os desagradáveis, sendo nefastas para a saúde pública. Quanto à legislação em vigor, o Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto, relativo à qualidade da água para consumo humano, estipula um VP, para as microcistinas (espécie das cianotoxinas) de 1µg/l. Importa referir que tanto o número de fitoplâncton, como o de cianotoxinas não constituem parâmetros que avaliam a qualidade da água superficial. Numa perspetiva de avaliação de risco para a saúde humana, verifica-se que as cianobactérias constituem um perigo significativo na água do rio.

Na Tabela 3, encontra-se a classificação atribuída para cada parâmetro estudado, segundo o disposto legal.

Tabela 3 – Classificação da água com base nos parâmetros estudados na água do rio Vouga desde o ano de 2004 até 2014

| Parâmetros da qualidade da água da água do rio Vouga | Classificação (Decreto-Lei nº 236/98) |
|--|---------------------------------------|
| Coliformes fecais | A2 |
| Coliformes totais | A3 |
| Ferro dissolvido | A2 |
| Manganês | A1 |
| Arsénio | A1 |
| Selénio | A1 |
| Fosfatos | A1 |
| Nitratos | A1 |
| Azoto amoniacal | A2 |
| Temperatura | Excede 25°C |
| pH | Excede 9 |
| SST | A1 |
| Pesticidas totais | A1 |
| Condutividade | A1 |
| Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados | A2 |
| Hidrocarbonetos aromáticos polinucleares | A1 |

Analisando a Tabela 3, verifica-se que a água superficial do Rio Vouga, no período de tempo em análise é classificada com a categoria A3, justificada pelos valores de concentração dos coliformes totais. Contudo, grande parte dos parâmetros analisados classificam a água na categoria A1, exceto os coliformes, o ferro, o azoto amoniacal e os hidrocarbonetos dissolvidos. Note-se que os autores Silva e Oliveira (2005) classificaram a água do rio Vouga na categoria A2 no ano de 1998, considerando os parâmetros de azoto amoniacal, coliformes e pH (67).

Segundo os autores Silva e Oliveira (2005), tendo como referência os requisitos de qualidade da água para abastecimento público, os maiores problemas encontrados no rio Vouga são a concentração de sólidos suspensos e o número de bactérias coliformes fecais, derivados, para ambos os casos, de fontes de poluição tanto difusas como pontuais (69).

Silva e Oliveira (2005) evidenciam que as causas de eutrofização do rio, a montante do rio Águeda são diversas, destacando as descargas de águas residuais e descargas de efluentes provenientes de áreas onde se pratica a agricultura, como fontes de nutriente de azoto e fósforo. Verifica-se que não só existe uma relação entre a concentração destes nutrientes e as

práticas agrícolas e áreas urbanas, mas também com as práticas florestais, densidade de habitantes e ainda ao nível de tratamento realizado às águas residuais (69).

Em contrapartida, Silva e Santos (2010) referem que a atividade agrícola, baseada em minifúndio, tem vindo a ser abandonada e em 2001 ocupava menos de 20% da população dos concelhos abrangidos do Médio Vouga (São Pedro do Sul, Vouzela, Oliveira de Frades e Sever do Vouga). Quanto à criação de gado, os autores notam que a produção de frangos continua a manter-se uma atividade significativa. Por outro lado, a atividade industrial tem crescido substancialmente, especialmente em Sever do Vouga e Oliveira de Frades. Os efluentes líquidos provenientes de matadouros e dos parques industriais são tratados em pequenas ETAR que são descarregadas em várias linhas de água. As águas residuais drenadas recebem um tratamento de baixa eficiência, em fossas sépticas, ou em pequenas ETAR (70).

4.1.2. Análise de resultados de monitorização da água captada

Considerando os dados obtidos pela monitorização da qualidade da água do leito do rio, fez-se uma análise na perspetiva de avaliação de riscos e também classificou-se a água do leito do rio, considerando a legislação disposta. Os parâmetros analisados foram os coliformes totais e fecais, o ferro dissolvido, o azoto amoniacal e os SST.

A variação dos coliformes fecais e totais na água do leito do rio encontra-se na Figura 39 e na Figura 40.

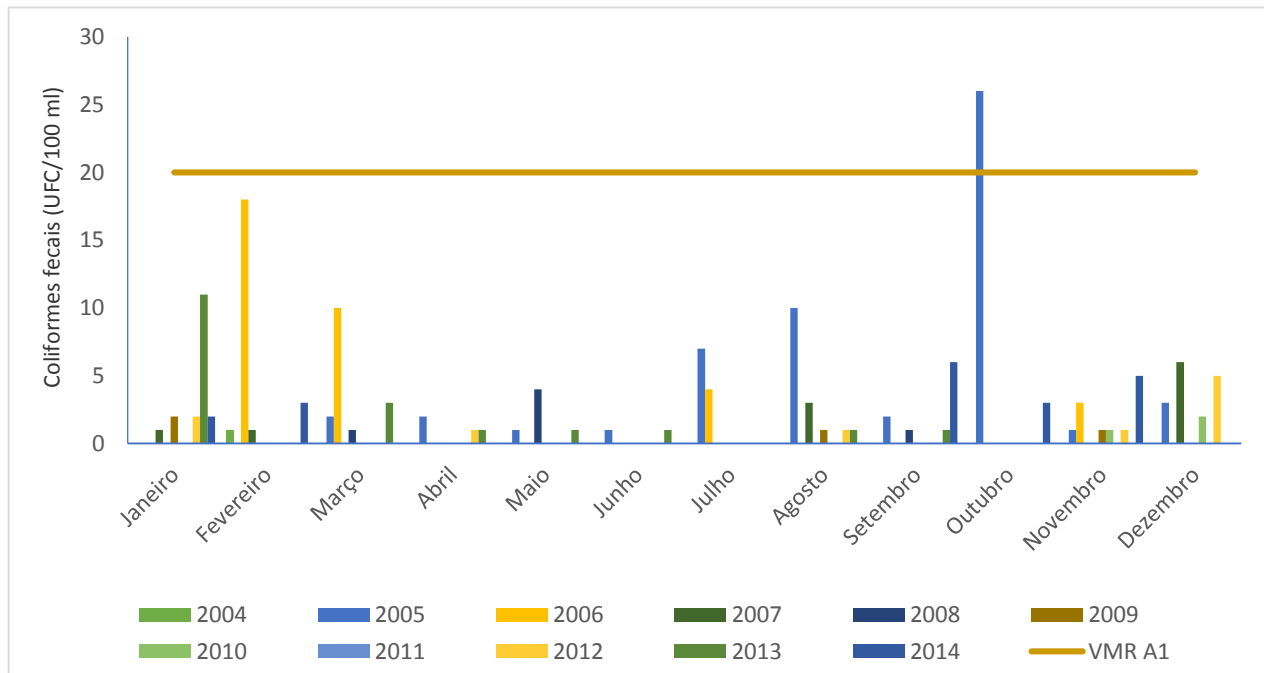


Figura 39 - Variação dos coliformes fecais no leito do rio

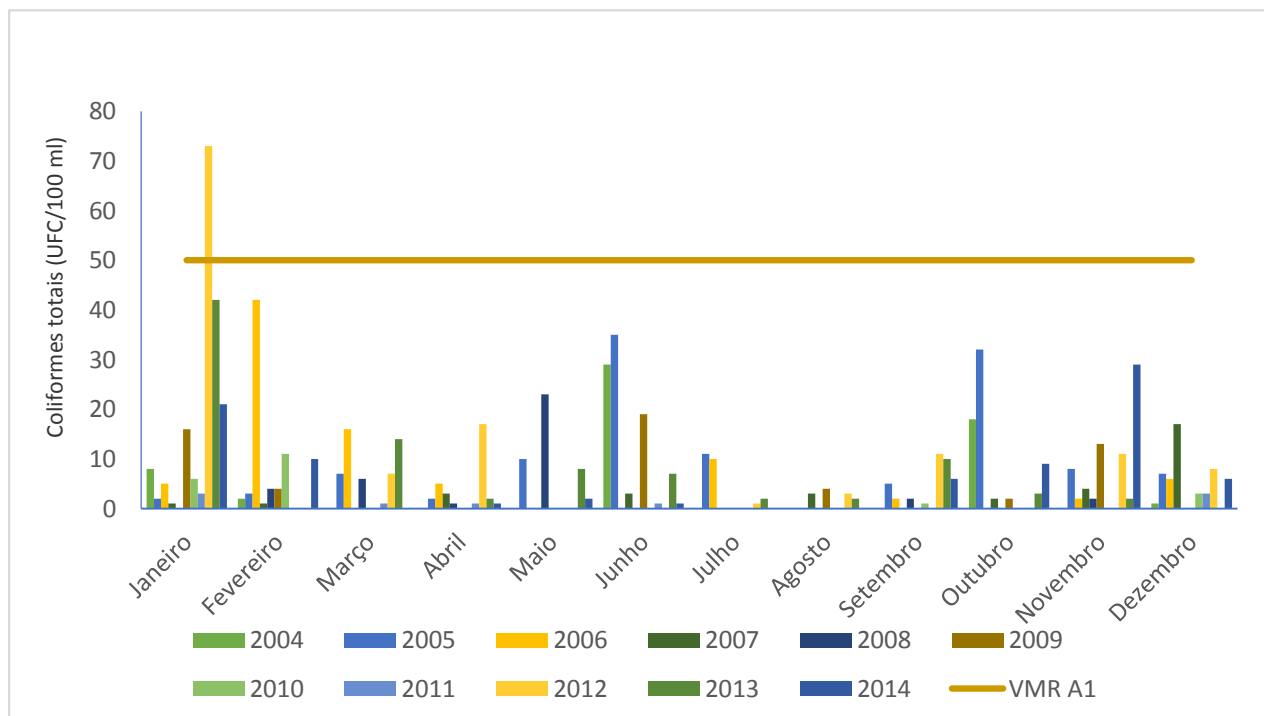


Figura 40 - Variação dos coliformes totais no leito do rio

Atendendo à Figura 39 e Figura 40, e comparando-as com a Figura 30 e Figura 31, verifica-se que tanto os coliformes fecais como totais decrescem significativamente na água captada no leito

do rio, em relação à água do rio Vouga, como era de esperar. Constata-se também que estes parâmetros classificam a água superficial no leito do rio na categoria A2, contando apenas com um valor máximo obtido de 26 coliformes fecais em 100 ml atingido em outubro de 2005 e 73 coliformes totais em 100 ml registado em janeiro de 2012.

Quanto ao ferro dissolvido, verificou-se que a maior parte dos dados obtidos pela monitorização deste parâmetro na água do leito do rio, se encontram inferiores ao limite de quantificação do aparelho analítico de 0,04 mg/l. Durante os dez anos consecutivos registou-se um valor máximo de concentração de 0,432 mg/l atingido em janeiro no primeiro ano de estudo, 2004. Considerado o VMA estipulado para a categoria A1, de cerca de 0,3 mg/l, constata-se que o ferro dissolvido insere a água do leito do rio na categoria A2, uma vez que excede o VMA da categoria A1. Importa referir que, no universo de dados de monitorização, esta é a única vez onde este parâmetro excede este valor. Conclui-se, atendendo à Figura 33, relativa à variação da concentração do ferro no rio Vouga, que o leito do rio reduz os níveis de concentração deste parâmetro, apesar de continuar a atribuir a categoria A2 à água do leito do rio.

Relativamente ao azoto amoniacal, os dados obtidos a partir da monitorização revelam ser quase sempre inferiores ao limite de quantificação de 0,1 mg/l a partir do ano de 2007. Ao longo dos anos foi verificado que a concentração de azoto amoniacal é menor na água do leito do rio, comparando a mesma na água do rio. Considerando todos os dados, regista-se um valor máximo de concentração de azoto amoniacal na água do leito do rio de 0,29 mg/l, excedendo o VMR estipulado para a categoria A1, atribuindo a categoria A2 a esta água.

No que concerne aos SST, analisando os dados obtidos, simultaneamente à variação da concentração deste parâmetro na água do rio, verificou-se que quase todos são inferiores ao limite de quantificação do aparelho analítico que mede os SST, destacando-se o valor 3 mg/l, em todos os anos estudados. Considerando os dados reais (não disfarçados pelo limite de quantificação), regista-se um valor máximo de 1,8 mg/l atingido em janeiro de 2004, não ultrapassando o VMR estipulado para a categoria A1 (25 mg/l), classificando assim a água do leito do rio na categoria A1.

Resumidamente, e comparando a classificação atribuída à água superficial do rio com a do leito do rio, apresenta-se na Tabela 4, os vários parâmetros de qualidade da água e as categorias atribuídas.

Tabela 4 – Classificação dos parâmetros estudados na água do rio Vouga e do leito desde o ano de 2004 até 2014

| Parâmetros da qualidade | Classificação da água do rio (Decreto-lei nº 236/98) | Classificação da água do leito (Decreto-Lei nº 236/98) |
|-------------------------|---|---|
| Coliformes fecais | A2 | A2 |
| Coliformes totais | A3 | A2 |
| Ferro dissolvido | A2 | A2 |
| Azoto amoniacal | A2 | A2 |
| SST | A1 | A1 |

Tendo em consideração a Tabela 4, verifica-se que a água do leito do rio é classificada na categoria A2, tendo em conta os parâmetros de qualidade analisados. Verifica-se, também, que o único parâmetro que atribuí uma classificação diferente à água do leito, comparativamente à água do rio são os coliformes totais. Apesar de todos os parâmetros classificarem a água do leito do rio e do rio na mesma categoria (exceto os coliformes totais), constatou-se que a concentração de todos os parâmetros diminuí no leito do rio, verificando-se uma melhoria na qualidade da água, onde é captada através de poços e furos.

4.1.3. Análise de resultados de monitorização da água armazenada

No intuito de caracterizar a água destinada a consumo humano, tratada na ETA do Carvoeiro e também identificar os principais perigos no âmbito da avaliação de risco, foi realizando um estudo da qualidade da água armazenada nos reservatórios.

Para a prossecução deste estudo de qualidade, foram realizadas médias de concentração anuais para todos os reservatórios constituintes do SRC antes da obra de expansão do SRCII, identificando também quais os valores de concentração máximos e mínimos atingidos durante o período temporal de dez anos, iniciando em 2004 e finalizando em 2014. A avaliação da qualidade da água foi realizada considerando vários parâmetros, que se caracterizam por potencializar perigos para a saúde humana, designadamente: *Escherichia coli*; bactérias coliformes; cloro como desinfetante residual; pH; turvação; sabor; manganês; ferro; alumínio; arsénio; selénio; pesticidas totais; HAP; nitratos; bromatos e, por último, trihalometanos.

Contrariamente aos estudos efetuados na água do rio e do leito, apresentados anteriormente, nesta análise, os valores inferiores aos limites de quantificação obtidos, foram considerados como valores reais, entrando nas médias de concentração anuais.

Iniciando com os microrganismos patogénicos, identificados como perigo na avaliação de risco realizada no âmbito do PSA, verificou-se que os indicadores *Escherichia coli* e bactérias

coliformes nunca foram detetados no período de tempo em análise, cumprindo assim sempre o VP estipulado pela legislação (0/100ml).

No que concerne ao cloro como desinfetante residual, doseado nos reservatórios do SRC sob a forma de hipoclorito de sódio, apresenta-se a Tabela 5.

| Ano | Cloro - desinfetante residual [mg/l] | | | |
|------|--------------------------------------|--------|--------|------------------|
| | Média | Máximo | Mínimo | VP |
| 2004 | 0,54 | 1,45 | 0,08 | 0,20-0,60 |
| 2005 | 0,56 | 1,93 | 0,00 | 0,20-0,60 |
| 2006 | 0,55 | 1,50 | 0,05 | 0,20-0,60 |
| 2007 | 0,62 | 1,80 | 0,20 | 0,20-0,60 |
| 2008 | 0,60 | 1,27 | 0,17 | 0,20-0,60 |
| 2009 | 0,59 | 1,24 | 0,11 | 0,20-0,60 |
| 2010 | 0,61 | 1,11 | 0,23 | 0,20-0,60 |
| 2011 | 0,63 | 1,60 | 0,16 | 0,20-0,60 |
| 2012 | 0,65 | 1,48 | 0,13 | 0,20-0,60 |
| 2013 | 0,72 | 1,50 | 0,12 | 0,20-0,60 |
| 2014 | 0,70 | 2,13 | 0,24 | 0,20-0,60 |

Tabela 5 – Concentração de cloro (desinfetante residual na água tratada armazenada nos reservatórios)

Atendendo à Tabela 5, importa salientar que a gama recomendada pela legislação em vigor (0,20 mg/l a 0,60 mg/l) refere-se à concentração de cloro na água da torneira dos consumidores. Assim, os valores obtidos na água dos reservatórios deveriam ser superiores em relação a esta gama, de modo a garantir a desinfeção em toda a rede de abastecimento. Verifica-se que, de uma forma geral, as médias obtidas são quase sempre superiores ao valor máximo recomendado, com exceção nos anos de 2004, 2005, 2006 e 2009. Apresentam-se também valores máximos que excedem a gama recomendada nos primeiros reservatórios após a ETA do Carvoeiro, e valores mínimos atingidos pontualmente, que são inferiores aos recomendados, nos extremos da rede, nomeadamente em São Jacinto.

A Tabela 6 apresenta os valores médios anuais, máximo e mínimo, quanto ao pH na água armazenada.

Tabela 6 – Concentração de pH na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | pH | | | |
|------|-------|--------|--------|---------|
| | Média | Máximo | Mínimo | VP |
| 2004 | 7,5 | 8,0 | 6,2 | 6,5-9,0 |
| 2005 | 7,4 | 8,3 | 6,5 | 6,5-9,0 |
| 2006 | 7,5 | 8 | 6,8 | 6,5-9,0 |
| 2007 | 7,7 | 8,7 | 6,7 | 6,5-9,0 |
| 2008 | 7,6 | 8,3 | 6,7 | 6,5-9,0 |
| 2009 | 7,5 | 8,2 | 6,5 | 6,5-9,0 |
| 2010 | 7,3 | 8,1 | 6,6 | 6,5-9,0 |
| 2011 | 7,9 | 9,0 | 6,6 | 6,5-9,0 |
| 2012 | 7,6 | 9,0 | 5,7 | 6,5-9,0 |
| 2013 | 7,4 | 8,3 | 6,5 | 6,5-9,0 |
| 2014 | 7,7 | 8,3 | 6,6 | 6,5-9,0 |

Tendo em conta a Tabela 6, analisando os valores de concentração do pH na água dos reservatórios desde o ano de 2004 até 2014, note-se que tanto as médias obtidas como os valores máximos registados, se encontram sempre dentro da gama estipulada pela legislação em vigor, sendo que para os valores mínimos obtidos o mesmo não sucede, excetuando nos anos de 2004 e 2012, onde estes apresentam-se inferiores ao respetivo valor mínimo paramétrico desta gama.

Relativamente ao sabor da água destinada a consumo humano armazenada nos reservatórios do SRC, apresenta-se a Tabela 7.

Tabela 7 – Concentração de sabor na água tratada e armazenada nos reservatórios

| Ano | Sabor [Fator de diluição] | | | |
|------|---------------------------|--------|---------|------|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 0,04 | 1,00 | 0,00 | 3,00 |
| 2005 | 0,02 | 1,00 | 0,00 | 3,00 |
| 2006 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,00 |
| 2007 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,00 |
| 2008 | 0,06 | 1,00 | 0,00 | 3,00 |
| 2009 | 0,57 | 5,00 | 0,00 | 3,00 |
| 2010 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 |
| 2011 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 |
| 2012 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 |
| 2013 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 |
| 2014 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 |

* Limite de quantificação de 1,00

Atendendo à Tabela 7, verifica-se que os valores referentes à média, valor máximo e mínimo cumprem sempre o valor paramétrico, excetuando o valor máximo registado no ano de 2009 que excede este valor legal em duas unidades. Segundo o registo de histórico, este valor de concentração tão elevado teve origem num *bloom* detetado junto à captação. Uma análise de cianotoxinas e microcistinas revelou que a quantidade de cianotoxinas encontradas não colocou em risco a saúde dos consumidores e não foram detetadas microcistinas na amostra de água analisada. Assim, face a esta situação, para além da elevada eficiência de remoção de fitoplâncton no leito, foi injetado ar no leito do rio, uma vez que a água captada também apresentava baixos níveis de oxigénio, regularizando esta situação.

O estudo da turvação na água armazenada nos reservatórios apresenta-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Concentração de turvação na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Turvação [UNT] | | | |
|------|----------------|--------|---------|-----|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 0,7 | 1,9 | 0,3 | 4,0 |
| 2005 | 0,5 | 2,1 | 0,3 | 4,0 |
| 2006 | 0,4 | 2,8 | 0,3 | 4,0 |
| 2007 | 0,4 | 1,6 | 0,3 | 4,0 |
| 2008 | 0,7 | 1,9 | 0,3 | 4,0 |
| 2009 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 4,0 |
| 2010 | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 4,0 |
| 2011 | 0,9 | 2,8 | 0,8 | 4,0 |
| 2012 | 0,9 | 2,3 | 0,8 | 4,0 |
| 2013 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 4,0 |
| 2014 | 0,9 | 1,7 | 0,8 | 4,0 |

* Limite de quantificação de 0,8 UNT

Considerando a Tabela 8, verifica-se que tanto as médias, como os valores máximos e mínimos registados, não ultrapassam nunca o VP de 4 UNT. Contudo destaca-se um aumento da concentração média anual nos últimos anos, apesar de ser pouco significativo. O valor máximo atingido foi de 1,9 UNT no ano de 2004, se encontrando ainda bastante distante do VP apontado na legislação.

Na Tabela 9 encontram-se os valores de concentração de manganês médios anuais, os máximos e os mínimos atingidos no período de tempo em análise na água armazenada nos reservatórios.

Tabela 9- Concentração de manganês na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Manganês [µg/l] | | | |
|------|-----------------|--------|---------|----|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 10 | 11 | 10 | 50 |
| 2005 | 10 | 35 | 11 | 50 |
| 2006 | 10 | 10 | 10 | 50 |
| 2007 | 10 | 33 | 10 | 50 |
| 2008 | 10 | 10 | 10 | 50 |
| 2009 | 10 | 11 | 10 | 50 |
| 2010 | 10 | 11 | 10 | 50 |
| 2011 | 10 | 15 | 10 | 50 |
| 2012 | 11 | 49 | 10 | 50 |
| 2013 | 10 | 16 | 10 | 50 |
| 2014 | 10 | 10 | 10 | 50 |

* Limite de quantificação de 10 µg/l

Considerando a Tabela 9, analisando os valores de concentração de manganês na água nos reservatórios, verifica-se que estes se encontram sempre abaixo do VP estipulado. Este parâmetro apresenta variações pouco significativas ao longo do período temporal em análise. Contudo, destaca-se o ano de 2012, com uma média anual um pouco mais elevada, onde se salienta um valor máximo de concentração de 49 µg/l, encontrando-se muito perto de uma situação de incumprimento, comparando-o com o VP de 50 µg/l.

Na Tabela 10, encontram-se os resultados do estudo do metal ferro na água armazenada nos reservatórios.

Tabela 10 – Concentração de ferro dissolvido na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Ferro dissolvido [µg/l] | | | |
|------|-------------------------|--------|---------|-------|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 42,8 | 279,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2005 | 47,6 | 64,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2006 | 41,6 | 53,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2007 | 50,4 | 40,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2008 | 43,4 | 40,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2009 | 44,3 | 40,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2010 | 42,2 | 58,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2011 | 65,8 | 144,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2012 | 80,6 | 148,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2013 | 50,9 | 110,0 | 40,0 | 200,0 |
| 2014 | 43,9 | 85,0 | 40,0 | 200,0 |

* Limite de quantificação de 40,0 µg/l

Verifica-se que, recorrendo à Tabela 10, a concentração de ferro dissolvido na água dos reservatórios nunca excedeu o VP correspondente (200,0 µg/l), nestes dez anos, exceto no ano 2004, que apresentou um máximo de 279,0 µg/l. Observa-se também que as concentrações médias anuais têm vindo a diminuir desde o ano de 2012.

Os resultados obtidos quanto ao parâmetro alumínio encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Concentração de alumínio dissolvido na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Alumínio [µg/l] | | | |
|------|-----------------|--------|--------|-------|
| | Média | Máximo | Mínimo | VP |
| 2004 | 58,1 | 364,0 | 0,4 | 200,0 |
| 2005 | 46,4 | 88,7 | 40,0 | 200,0 |
| 2006 | 31,4 | 73,4 | 20,0 | 200,0 |
| 2007 | 30,2 | 56,0 | 9,0 | 200,0 |
| 2008 | 19,9 | 93,0 | 5,0 | 200,0 |
| 2009 | 34,0 | 51,0 | 9,0 | 200,0 |
| 2010 | 50,4 | 136,0 | 7,0 | 200,0 |
| 2011 | 57,4 | 174,0 | 9,0 | 200,0 |
| 2012 | 41,2 | 108,0 | 5,0 | 200,0 |
| 2013 | 25,2 | 48,0 | 5,0 | 200,0 |
| 2014 | 41,9 | 87,0 | 23,0 | 200,0 |

Atendendo à Tabela 11 é possível afirmar que o alumínio se encontra sempre em conformidade com o VP legal de 200,0 µg/l, com exceção no ano de 2004, ultrapassando largamente o VP,

apresentando um valor máximo de 364,0 µg/l. A evolução da concentração das médias anuais de alumínio na água dos reservatórios apresenta-se significativamente variável e o valor máximo atingido ocorreu no ano de 2011 com 174,0 µg/l.

Quanto ao arsénio, segue-se a Tabela 12.

Tabela 12 – Concentração de arsénio dissolvido na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Arsénio [µg/l] | | | |
|------|----------------|--------|---------|------|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 2,9 | 3,3 | 3,0 | 10,0 |
| 2005 | 3,4 | 5,1 | 3,0 | 10,0 |
| 2006 | 3,7 | 8,0 | 3,0 | 10,0 |
| 2007 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 10,0 |
| 2008 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 10,0 |
| 2009 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 10,0 |
| 2010 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 10,0 |
| 2011 | 6,3 | 8,0 | 3,0 | 10,0 |
| 2012 | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 10,0 |
| 2013 | 2,7 | 3,9 | 3,0 | 10,0 |
| 2014 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 10,0 |

* Limite de quantificação de 3,0 µg/l

Tendo em consideração a Tabela 12, verifica-se que a concentração de arsénio na água destinada a consumo humano, armazenada nos reservatórios se encontra sempre em cumprimento, em relação ao VP de 10,0 µg/l estipulado pela legislação em vigor. O valor máximo atingido nestes últimos dez anos foi de 8,0 µg/l.

Quanto à evolução da concentração do selénio no período de tempo em análise, segue-se a Tabela 13.

Tabela 13 – Concentração de selênio dissolvido na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Selênio [µg/l] | | | |
|------|----------------|--------|---------|------|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 3,1 | 3,2 | 3,0 | 10,0 |
| 2005 | 3,4 | 6,4 | 3,0 | 10,0 |
| 2006 | 6,5 | 8,0 | 3,0 | 10,0 |
| 2007 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 10,0 |
| 2008 | 2,6 | 8,0 | 1,0 | 10,0 |
| 2009 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 10,0 |
| 2010 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 10,0 |
| 2011 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 10,0 |
| 2012 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 10,0 |
| 2013 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 10,0 |
| 2014 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 10,0 |

* Limite de quantificação de 1,0 µg/l

Analisando os resultados obtidos quanto à concentração de selênio, verifica-se que se encontra sempre em cumprimento com o VP de 10,0 µg/l, sendo que o valor máximo registado no período de tempo em análise foi de 8,0 µg/l, assim como no caso do arsénio. Salienta-se também uma diminuição da concentração das médias anuais deste parâmetro ao longo dos anos estudados.

Os resultados obtidos no estudo efetuado aos pesticidas totais encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14 – Concentração de pesticidas totais na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Pesticidas totais [µg/l] | | | |
|------|--------------------------|--------|---------|------|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 0,05 | 0,10 | 0,01 | 0,50 |
| 2005 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,50 |
| 2006 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,50 |
| 2007 | 0,04 | 0,10 | 0,02 | 0,50 |
| 2008 | 0,07 | 0,10 | 0,05 | 0,50 |
| 2009 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,50 |
| 2010 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,50 |
| 2011 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,50 |
| 2012 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,50 |
| 2013 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,50 |
| 2014 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,50 |

* Limites de quantificação de 0,01 µg/l, 0,05 µg/l e 0,08 µg/l

Analisando a Tabela 14, verifica-se que os pesticidas totais se encontram sempre em situação de cumprimento em relação ao VP estipulado de 0,5 µg/l. Salienta-se também um aumento pouco significativo das concentrações médias anuais de pesticidas totais na água dos reservatórios, sendo que o valor máximo obtido decorreu nos anos de 2004, 2007 e 2008 com 0,1 µg/l.

A Tabela 15 apresenta os valores médios anuais, máximo e mínimo, quanto aos HAP na água armazenada nos reservatórios.

Tabela 15 – Concentração de HAP na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | HAP [µg/l] | | | |
|------|------------|--------|---------|------|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 2005 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 2006 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 2007 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 2008 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 2009 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 2010 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 2011 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 |
| 2012 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,10 |
| 2013 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,10 |
| 2014 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,10 |

* Limites de quantificação de 0,01 µg/l e de 0,02 µg/l

Considerando a Tabela 15 referente aos HAP é possível constatar que este parâmetro cumpre sempre o VL estipulado na lei em vigor (0,1 µg/l). As concentrações médias anuais têm vindo a aumentar desde o ano de 2012, atingindo um valor máximo de 0,02 µg/l, que não coloca em risco a saúde dos consumidores.

Quanto aos nitratos, os resultados obtidos encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16 – Concentração de nitratos na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Nitratos [mg/l] | | | |
|------|-----------------|--------|--------|------|
| | Média | Máximo | Mínimo | VP |
| 2004 | 4,7 | 6,7 | 0,0 | 50,0 |
| 2005 | 5,5 | 8,8 | 3,2 | 50,0 |
| 2006 | 6,6 | 11,0 | 3,9 | 50,0 |
| 2007 | 6,4 | 11,0 | 4,3 | 50,0 |
| 2008 | 6,4 | 8,6 | 4,3 | 50,0 |
| 2009 | 6,7 | 18,0 | 3,1 | 50,0 |
| 2010 | 5,4 | 17,6 | 3,4 | 50,0 |
| 2011 | 5,2 | 11,0 | 3,9 | 50,0 |
| 2012 | 6,2 | 11,0 | 3,7 | 50,0 |
| 2013 | 5,4 | 11,0 | 3,4 | 50,0 |
| 2014 | 4,7 | 11,0 | 3,1 | 50,0 |

Analisando a Tabela 16, verifica-se que os nitratos cumprem sempre o VP estipulado na legislação em vigor de 50,0 mg/l. Verifica-se um ligeiro decréscimo nas concentrações médias anuais de nitratos desde o ano de 2010. Destaca-se o valor máximo de 17,6 mg/l que foi registado no ano de 2010.

Os resultados obtidos do estudo do parâmetro bromatos encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17 – Concentração de bromatos na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Bromatos [µg/l] | | | |
|------|-----------------|--------|---------|------|
| | Média | Máximo | Mínimo* | VP |
| 2004 | 1,1 | 2,0 | 1,0 | 10,0 |
| 2005 | 1,5 | 13,0 | 1,0 | 10,0 |
| 2006 | 1,9 | 2,5 | 0,1 | 10,0 |
| 2007 | 1,9 | 2,0 | 0,2 | 10,0 |
| 2008 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 10,0 |
| 2009 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 10,0 |
| 2010 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 10,0 |
| 2011 | 1,7 | 2,0 | 0,0 | 10,0 |
| 2012 | 4,5 | 5,0 | 2,0 | 10,0 |
| 2013 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 10,0 |
| 2014 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 10,0 |

* Limites de quantificação de 1 µg/l, 2 µg/l e de 5 µg/l

Considerando a Tabela 17, verifica-se que, de forma similar aos nitratos, tanto as concentrações médias anuais obtidas, como os valores máximos e mínimos, cumprem sempre o VP estipulado pela legislação de 10,0 µg/l, em todos os anos estudados, com exceção no ano de 2005 onde é atingido um valor máximo de concentração de 13,0 µg/l.

Quanto aos trihalometanos, os resultados do estudo efetuado encontram-se na Tabela 18 que se segue.

Tabela 18 – Concentração de trihalometanos na água tratada armazenada nos reservatórios

| Ano | Trihalometanos [µg/l] | | | |
|------|-----------------------|--------|--------|-------|
| | Média | Máximo | Mínimo | VP |
| 2004 | 15,0 | 61,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2005 | 25,3 | 54,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2006 | 13,1 | 25,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2007 | 15,6 | 40,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2008 | 14,4 | 27,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2009 | 20,3 | 93,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2010 | 12,7 | 26,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2011 | 21,7 | 48,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2012 | 33,9 | 62,0 | 10,0 | 100,0 |
| 2013 | 24,4 | 59,0 | 7,0 | 100,0 |
| 2014 | 23,8 | 38,0 | 7,0 | 100,0 |

* Limites de quantificação de 10,0 µg/l e 7,0 µg/l

Considerando a Tabela 18, é possível afirmar que a concentração do parâmetro em estudo na água armazenada nos reservatórios do SRC cumpre sempre o VP correspondente, não se registrando valores máximos que ultrapassem este limite legal. Contudo, destaca-se no ano 2009, uma concentração máxima de 93 µg/l que se encontra relativamente perto do VP de 100 µg/l.

Realizando uma análise geral acerca do estudo desenvolvido da qualidade da água armazenada nos reservatórios que é tratada na ETA do Carvoeiro, e se destina a consumo humano, conclui-se que, genericamente, esta água, nestes últimos dez anos, cumpriu a legislação, não colocando em risco a saúde dos consumidores. No entanto, devem ser consideradas algumas exceções como é o caso do cloro, sabor, alumínio e ferro, que apresentam pelo menos num ano de estudo uma excedência ao VP correspondente.

4.2. Revisão do Plano de Segurança da Água do Sistema Regional do Carvoeiro

O Plano de Segurança da Água (PSA) encontra-se implementado na empresa Águas do Vouga desde o ano de 2009, aplicando as orientações do grupo de trabalho criado pela ERSAR, sendo a sua gestão integrada no Sistema de Gestão da Qualidade (24). No entanto, considerando a expansão do Sistema Regional do Carvoeiro – SRC II, surge a necessidade de efetuar uma revisão ao PSA, uma vez que são introduzidos novos perigos e eventos perigosos que devem ser alvo de avaliação e de monitorização, no sentido de garantir um abastecimento de água segura para consumo humano.

A revisão do PSA do SRC obedeceu ao Procedimento 8 – Gestão do Plano de Segurança da Água- Análise de risco para a Saúde Humana, do Manual de Gestão da Águas do Vouga S.A., onde é utilizada a metodologia HACCP, que foi apresentada na secção 2.2.

4.2.1. Identificação dos eventos perigosos e perigos

A primeira fase da revisão do Plano de Segurança da água do SRC consistiu na identificação de perigos e eventos perigosos, em todas as etapas, onde o SRC intervém, desde a origem da água no Rio Vouga até ao armazenamento de água tratada, os reservatórios.

Tendo em conta que não existiu registo de histórico para as etapas da água incluídas na obra de expansão do SRC, no sentido de identificar todos os perigos e eventos perigosos associados, foi necessário realizar uma pesquisa bibliográfica, que incidiu maioritariamente nos documentos apresentados na Figura 41.

| | |
|---|--|
| Identificação de eventos perigosos e perigos no SRC | Identification and description of hazards for water supply systems, A catalogue of today's hazards and possible future hazards TECHNEAU |
| | Edição anterior do PSA do SRC |
| | Guia ERSAR "Planos de Segurança da Água em Sistemas Públicos de Abastecimento" |
| | "Water Safety Plan Guide" Ministério da Saúde de Manuto Hauora |
| | Drinking Water Inspectorate - A Brief Guide to Drinking Water Safety Plans |
| | Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers, World Health Organization / International Water Association |

Figura 41 – Fontes de informação recorrida na identificação de perigos e eventos perigosos no SRC

De uma forma geral, na identificação de eventos perigosos e perigos, considerou-se o que poderia causar contaminação accidental ou deliberada, tratamento de águas residuais a montante da captação, práticas de recolha de água e de armazenamento, higienização de elementos do sistema de abastecimento, manutenção da rede de distribuição e práticas de proteção, entre outros fatores que influenciam a ocorrência de perigos. A Tabela 19 apresenta a descrição do tipo de eventos perigosos e perigos associados a cada uma das etapas e sub-etapas abrangidas pelo SRC.

Tabela 19 – Descrição dos eventos perigosos e perigos associados a cada etapa e sub-etapa

| Etapa | Sub-etapa | Eventos perigosos e perigos |
|--|--|---|
| Água bruta | Água superficial | Associados à água do rio no local das captações |
| | Água subterrânea | Associados à água subterrânea após passar pelo leito de areia do rio |
| Captação de água bruta | Água superficial | Associados ao órgão de captação superficial |
| | Água subterrânea | Associados aos órgãos de captação subterrânea (poços e furos) |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Associados às câmaras de pré-ozonização e adição de ozono |
| Correção de pH | Correção do pH (leite de cal) | Associados à adição de leite de cal na água |
| Processo de coagulação/ floculação/ flotação | Coagulação/ floculação | Associados às câmaras de coagulação floculação e à adição de coagulante e floculante |
| | Flotação | Associados ao flotador |
| Filtração | Filtração com areia antracite e zeólitos | Associados aos filtros de areia, antracite e zeólitos |
| Estação Elevatória Intermédia da ETA | Elevação da água | Associados aos órgãos de elevação de água, incluindo bombas e válvulas |
| Oxidação (ozono) | Ozonização | Associados às câmaras de ozonização e adição de ozono |
| Filtração CAG | Filtração com filtros de CAG | Associados aos filtros de CAG |
| Remineralização | Remineralização (Água de cal e CO ₂) | Associados á adição de água de cal e de dióxido de carbono |
| Desinfecção | Desinfecção (cloro) | Relacionados com a adição de cloro |
| Estações Elevatórias | Elevação da água | Associados aos órgãos de elevação de água, incluindo bombas e válvulas |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Associados às condutas adutoras de água tratada |
| Armazenamento de água tratada | Reservatórios de água tratada | Associados aos reservatórios de água tratada |
| | Recloração (hipoclorito) | Associados à adição de hipoclorito na água dos reservatórios |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Associados ao sistema como um todo, relacionados essencialmente com catástrofes naturais ou ações de vandalismo |
| Todo o sistema (riscos futuros) | Fonte de água/ Tratamento/ Distribuição | Que podem resultar em possíveis riscos no futuro |

Especificamente para a etapa de água bruta pretendeu-se listar todos os eventos perigosos e perigos relativos a fontes que geram contaminação tanto da água superficial como subterrânea,

e na captação, falhas mecânicas elétricas ou estruturais, variações temporais e espaciais, entre outras.

Importa salientar que a etapa de água bruta foi subdividida nas sub-etapas superficial e subterrânea uma vez que, como a água subterrânea passa pelo leito de areia no rio, sofre um processo de filtração natural, apresentando uma melhor qualidade em relação à água superficial (água do rio), assim a análise de risco posterior irá dar resultados diferentes nas duas sub-etapas.

Quanto à etapa de captação, esta também foi subdividida em água subterrânea e água superficial, sendo que na sub-etapa de água subterrânea são apresentados os eventos perigosos e perigos associados aos órgãos de captação subterrânea, nomeadamente, os poços e os furos existentes, e na sub-etapa de água superficial são apresentados os eventos perigosos e perigos associados à infraestrutura de captação superficial.

Note-se que apenas existem dados históricos da etapa de água bruta subterrânea e captação subterrânea, visto que as etapas de água bruta superficial e captação superficial são inseridas após a obra de expansão do sistema de abastecimento, o que resulta numa análise de risco diferente entre estas sub-etapas.

Quanto às etapas de tratamento, procurou-se inventariar todos os perigos e eventos perigosos relacionados com a presença na água bruta de contaminantes de origem natural, provenientes da atividade humana, ou introduzidos durante o processo de tratamento (produtos químicos, derivados de materiais de construção que se encontram em contacto com a água e se vão degradando ao longo do tempo). Adicionalmente foram considerados também os referentes a falhas, incorretos procedimentos de operação e de funcionamento, contaminações deliberadas ou provocadas, entre outros.

Em relação à adução, elevação e armazenamento de água tratada, procurou-se identificar todos os eventos perigosos e perigos relacionados com roturas de condutas tanto elevatórias como gravíticas, inadequados procedimentos de operação, práticas de limpeza e desinfeção inadequadas durante reparações, entre outros.

Foram também identificados eventos perigosos e perigos aplicados a todo o sistema incluindo ainda os eventos perigosos e perigos futuros que podem decorrer de catástrofes naturais e das alterações climáticas, ações de vandalismo e conflitos, entre outros.

Num total foram identificados 166 eventos perigosos, 17 tipologias de perigos e 686 combinações de eventos perigosos e perigos associados a todos os órgãos constituintes do SRC, que se apresentam no Apêndice I desta dissertação.

4.2.2. Avaliação de risco e identificação de medidas preventivas

Após concluída a identificação de todos os perigos e eventos perigosos, procedeu-se à avaliação do risco, recorrendo-se a uma abordagem semi-quantitativa, utilizando-se uma matriz de risco. Como referido anteriormente, uma matriz de risco relaciona a probabilidade de ocorrência de determinado evento perigoso e perigo na torneira do consumidor e a severidade do perigo para a saúde humana, resultando um valor numérico que classifica o risco em vários níveis de significância.

4.2.2.1. Seleção da matriz de risco

No intuito de realizar uma avaliação de risco com menor subjetividade, foram estudadas e aplicadas três matrizes com níveis de escalas de probabilidade de ocorrência e de severidade diferentes. A primeira matriz estudada, A, foi utilizada na avaliação de riscos da edição anterior do PSA da Águas do Vouga, S.A, e compreende três níveis de escalas para a probabilidade de ocorrência e severidade, como ilustra a Figura 42.

| <i>Classificação</i> | <i>Probabilidade de ocorrência</i> | <i>Severidade</i> |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | Embora seja possível, não é previsível que aconteça e não existe histórico | Impacto não detetável |
| 2 | Aquele cuja possibilidade de ocorrência seja razoável ou existem evidências de algumas ocorrências no passado | Impacto moderado na saúde pública |
| 3 | Ocorre de forma sistemática e com um largo histórico (todos os dias) | Impacto severo para a saúde pública |

Figura 42 – Matriz A

A segunda matriz analisada, B, recomendada pela OMS, apresenta-se na Figura 43 e abrange cinco níveis de escalas para a probabilidade de ocorrência e severidade, e corresponde à matriz apresentada na secção 2.2.2.2, na Figura 5, desta dissertação.

| <i>Classificação</i> | <i>Probabilidade de ocorrência</i> | <i>Severidade</i> |
|----------------------|------------------------------------|---|
| 1 | Raro - uma vez em cada 5 anos | Impacto não detetável |
| 2 | Pouco provável - uma vez por ano | Impacto com pequena severidade |
| 3 | Moderado - uma vez por mês | Impacto estético moderado |
| 4 | Provável - uma vez por semana | Impacto regulamentar grave |
| 5 | Quase certo - uma vez por dia | Impacto catastrófico para a saúde pública |

Figura 43 – Matriz B

Quanto à terceira e última matriz, C, esta compreende quatro escalas de probabilidade de ocorrência e severidade, que se apresentam na Figura 44.

| <i>Classificação</i> | <i>Probabilidade de ocorrência</i> | <i>Severidade</i> |
|----------------------|------------------------------------|---|
| 1 | Baixa - não existe histórico | Impacto não detetável |
| 2 | Média - uma vez por cada 5 anos | Impacto na confiança do consumidor (estético) |
| 3 | Alta - uma vez por ano | Impacto regulatório grave |
| 4 | Muito alta - Todos os meses | Impacto severo para a saúde pública |

Figura 44 – Matriz C

Resultante da aplicação das três matrizes na avaliação de risco efetuada aos perigos e correspondentes eventos perigosos identificados em todos os órgãos do SRC obtiveram-se as seguintes conclusões:

- A matriz A, como era de esperar, apesar de se adaptar às necessidades do anterior estado do sistema regional, não é suficientemente detalhada para ser utilizada na avaliação de risco ao atual estado do sistema (com a expansão), no que concerne à escala de probabilidade de ocorrência. Isto porque, foram adicionados novos perigos associados a novos eventos perigosos, em novas etapas do SRC, que requerem um maior número de níveis de escalas de probabilidade de ocorrência e severidade, para serem classificados;
- Quanto à matriz B (contrariamente à A, verificou-se que, após a sua aplicação aos perigos e eventos perigosos identificados, pelo menos um nível da escala de probabilidade de ocorrência (Quase certo - uma vez por dia) e severidade (Impacto não detetável) não era utilizado na classificação, e portanto não faria sentido recorrer a esta matriz;

- Relativamente à terceira e última matriz, C, com a sua aplicação constatou-se que todos os níveis das escalas de probabilidade de ocorrência foram utilizados na classificação dos eventos perigosos e perigos, sendo que na severidade, continuou-se a não utilizar o primeiro nível de classificação (impacto não detetável).

Tendo em conta todas as verificações anteriores, a matriz C revelou ser a que mais se adequa ao SRC no seu estado atual, tornando-se esta a eleita para prosseguir com o desenvolvimento das restantes fases do PSA. Esta matriz encontra-se representada na Figura 45, juntamente com os níveis de classificação de risco na Figura 46.

| Severidade ou Consequência Probabilidade de ocorrência | | Severidade ou Consequência | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| | | Impacto não detetável Classificação 1 | Impacto na confiança do consumidor (estético) Classificação 2 | Impacto regulatório grave Classificação 3 | Impacto severo para a saúde pública Classificação 4 |
| Probabilidade de ocorrência | Baixa. Embora seja possível, não é previsível que aconteça e não existe histórico. Classificação 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Média. Aquele cuja possibilidade de ocorrência seja razoável ou existem poucas ocorrências do passado. (Uma vez por cada 5 anos) Classificação 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| | Alta. Aquele cuja possibilidade de ocorrência seja muito provável com algumas ocorrências no passado. (Uma vez por ano) Classificação 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| | Muito alta. Ocorre de forma sistemática, existindo evidências de muitas ocorrências. (todos os meses) Classificação 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |

Figura 45 - Matriz selecionada para a avaliação de riscos

| Classificação do risco | |
|------------------------|-------|
| Baixo risco | 1 - 4 |
| Risco médio | 5 - 8 |
| Risco elevado | 9-12 |
| Risco muito elevado | 13-16 |

Figura 46 – Níveis de classificação do risco, resultantes da aplicação da matriz

Note-se que houve necessidade de definir, à priori alguns conceitos, nomeadamente “impacto na confiança do consumidor” e “impacto regulatório grave”, de modo a efetuar uma avaliação de risco mais rigorosa e menos subjetiva. Assim, um perigo que provoque um **impacto na confiança do consumidor (estético)** pode ser regulamentar e o consumidor não questiona a sua severidade. Por outro lado, um perigo que desencadeie um **impacto regulatório grave** deve cumprir a legislação em vigor rigorosamente, uma vez que pode colocar em risco a segurança do consumidor.

4.2.2.2. Análise da probabilidade de ocorrência dos perigos decorrentes dos eventos perigosos

Para classificar a probabilidade de ocorrência de cada evento perigoso e perigo, procurou-se sempre responder à questão “ Qual é a probabilidade deste perigo ocorrer na água da torneira do consumidor, proveniente deste evento perigoso?”. Esta análise teve por base as fontes de informação que se encontram na Figura 47.

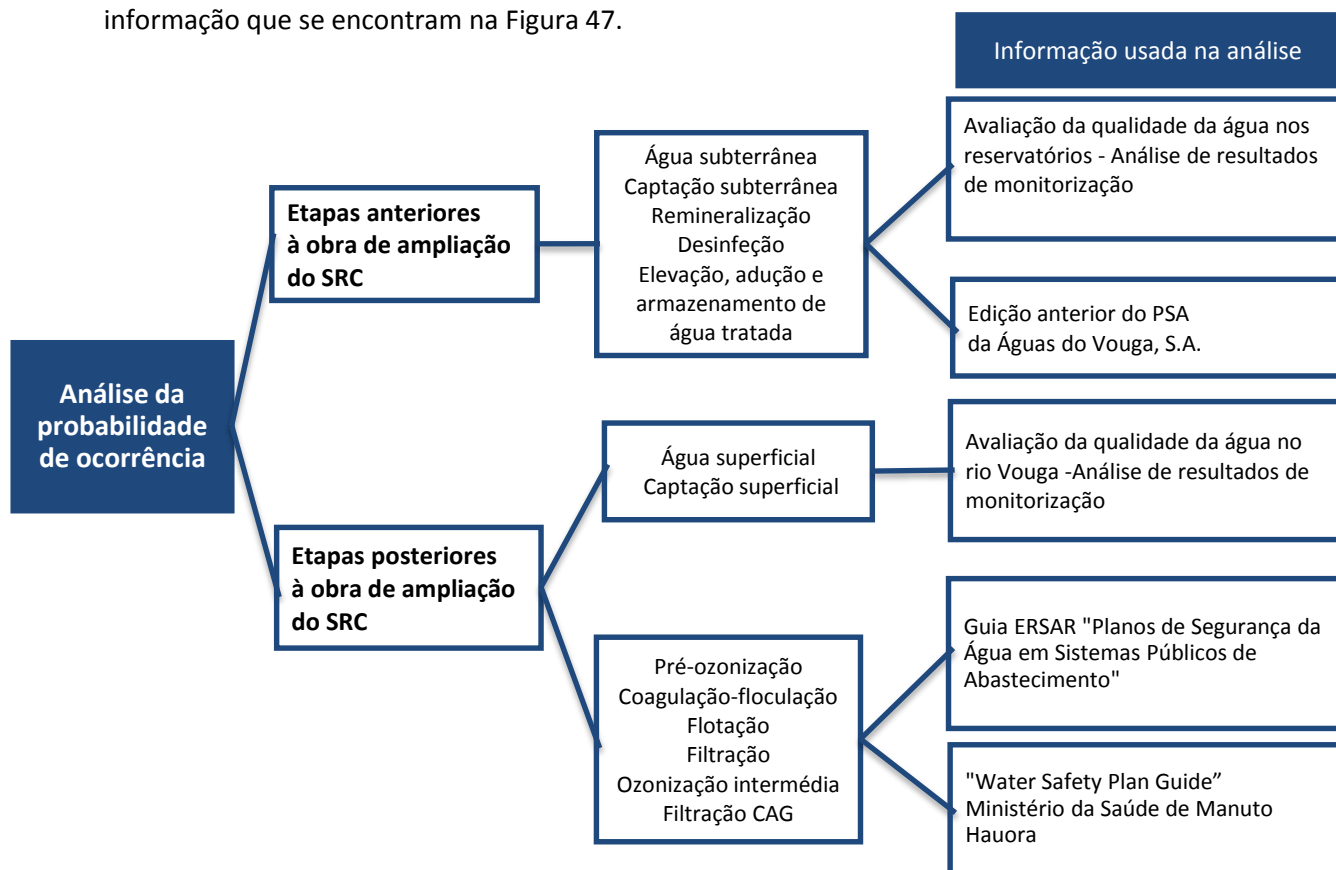


Figura 47 – Fontes de informação utilizadas na análise da probabilidade de ocorrência dos eventos perigosos e perigos identificados no SRC

A análise da probabilidade de ocorrência do aparecimento de um determinado perigo na água da torneira do consumidor decorrente de um determinado evento perigoso foi realizada de forma distinta, dependendo da etapa do SRC.

Pretendeu-se utilizar o registo de histórico existente referente à qualidade da água nos reservatórios. Contudo, uma vez que o sistema de abastecimento foi alvo de uma obra de expansão, resultando numa nova captação superficial e, consequentemente, em novos tratamentos de água, apenas foi possível considerar este histórico na análise de probabilidade de ocorrência em determinados eventos perigosos e em algumas das etapas do sistema. Entre as quais, destacam-se as etapas da água bruta subterrânea (após passar pelo filtro de areia), da captação subterrânea, da remineralização, da desinfecção, da adução de água tratada e do armazenamento de água tratada. Note-se que as etapas de correção do equilíbrio calcocarbónico (ou remineralização) e desinfecção correspondem às últimas etapas de tratamento da água, antes da adução e por conseguinte, a água superficial captada quando é sujeita a estes tratamentos já sofreu uma correção do pH e também já foi oxidada, tanto na pré-ozonização, como na oxidação intermédia, prevendo-se que apresente assim uma qualidade equiparada ou relativamente melhor à da água subterrânea captada, o que justifica a utilização do registo de histórico existente para estas etapas, assim como para a elevação intermédia, a adução e o armazenamento de água tratada.

No que concerne aos eventos perigosos e perigos correspondentes às etapas sem registo de histórico da qualidade da água nos reservatórios/ pontos de entrega, isto é, as novas etapas inseridas que resultaram das modificações emergentes, a análise da probabilidade de ocorrência foi baseada em duas referências bibliográficas consultadas: o Guia orientador da ERSAR “ Planos de segurança da água em sistemas públicos de abastecimento de água” e o “Water Safety Plan Guide” publicado pelo Ministério da Saúde de Manuto Hauora. Simultaneamente, recorreu-se ao bom senso e procurou-se utilizar um nível da escala de probabilidade elevado, agindo de forma preventiva, de modo a garantir a segurança da qualidade da água. Tanto para a água bruta superficial, como para a captação superficial, a análise da probabilidade de ocorrência, teve por base o histórico analítico de avaliação da qualidade da água do rio Vouga.

Importa referir que foi considerado também que os perigos classificados com uma baixa probabilidade de ocorrência na água da torneira do consumidor na etapa de água bruta mantiveram-se ao longo das etapas do SRC com a mesma probabilidade de ocorrência,

excetuando nos casos onde estes perigos derivavam de eventos perigosos relacionados com intrusões ou episódios de contaminação.

4.2.2.3. Análise da severidade dos perigos face à saúde humana

A análise da severidade dos perigos, comparativamente com a análise da probabilidade de ocorrência, revelou-se mais simples. A metodologia utilizada baseou-se numa classificação de severidade de cada perigo consoante os seus potenciais impactes para a saúde humana.

A Tabela 20 apresenta os diferentes tipos de perigos identificados no SRC e a correspondente classificação de severidade atribuída.

Tabela 20 – Perigos identificados no SRC e respetiva classificação da severidade para a saúde pública

| Perigo | Efeitos potenciais para a saúde humana | Classificação da severidade |
|-------------------------------------|---|--|
| Falta de água | Problemas de higiene | Impacto severo para a saúde pública 4 |
| Alumínio | Náuseas; vômitos; diarreia; úlceras bucais; úlceras; irritações dérmicas e dores corporais; Febre tifoide; gastroenterites; hepatite A; Diarreia; Cancro de vários tipos(71) | |
| Bromatos | | |
| Cianotoxinas | | |
| Outros compostos químicos perigosos | | |
| Hidrocarbonetos | | |
| Metais pesados As,Se e Sb | | |
| Microrganismos patogénicos | | |
| Pesticidas | | |
| Radionuclídeos | | |
| Trihalometanos | | |
| Metais Fe e Mn | Necroses hemorrágicas e alterações ao nível das mucosas do estômago | Impacto regulatório grave 3 |
| Matéria orgânica | Irritação ocular e exacerbação de lesões cutâneas e em membranas mucosas, e problemas gastrointestinais | |
| Sabor | Irritação e vermelhidão nos olhos e problemas de pele (71) | |
| pH inadequado | | |
| Partículas | A turvação não tem efeitos diretos na saúde. | Impacto na confiança do consumidor (estético) 2 |
| Turvação | A severidade das partículas depende da sua composição (71) | |

Através da Tabela 20, verifica-se que a maior parte dos perigos identificados (17 tipos) provocam impactos severos para a saúde pública, sendo que apenas 4 tipos de perigos geram impactos regulatórios graves e 2 impactos na confiança do consumidor, sendo estéticos. Note-se que nenhum dos perigos identificado foi classificado como não detetável.

4.2.2.4. Avaliação de risco do Sistema Regional do Carvoeiro

Após a análise da probabilidade de ocorrência e da severidade para cada evento perigoso e perigo identificado, obteve-se o nível de risco associado. Seguidamente, na Tabela 21, são apresentados vários exemplos, retirados do Apêndice I onde se apresentam as considerações e justificações efetuadas nesta fase de desenvolvimento da revisão do PSA do SRC.

Tabela 21 – Exemplos de eventos perigosos, perigos e avaliação de risco nas etapas do SRC

| Nº Ex. | Etapas | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco |
|--------|--|---------------------------------------|--|------------------|-------|------|-------|---------------------|
| 1 | Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco |
| 2 | Captação de Água Bruta | Água subterrânea | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Falta de água | 1 | 4 | 4 | Baixo risco |
| 3 | Pré-oxidação | Pré-oxidação (ozono) | Concentração de oxidante em excesso | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| 4 | Correção do pH | Correção do pH (leite de cal) | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco |
| 5 | Processo de coagulação/floculação/flotação | Coagulação - floculação | Doseamento em excesso de coagulante | Alumínio | 4 | 4 | 16 | Risco muito elevado |
| 6 | Filtração | Filtros de areia/antracite e zeólitos | Deficiente controlo dos tempos de filtração | Matéria orgânica | 4 | 3 | 12 | Risco elevado |

No exemplo 1, foi considerado que a probabilidade de ocorrência do aparecimento de radionuclídeos na água da torneira do consumidor, resultante de escorrências provenientes da atividade de exploração mineira é baixa, uma vez que segundo o histórico das análises efetuadas à água do rio, este perigo nunca foi detetado e além disso, a atividade de exploração mineira não é uma atividade praticável na região. Quanto à severidade, foi assumido que este perigo provoca um impacto severo para a saúde pública, visto que a exposição a doses baixas ou

moderadas poderá, a longo prazo aumentar a incidência de cancro e em doses elevadas pode levar à morte (72).

Quanto ao exemplo 2, a probabilidade de ocorrência considerada foi muito baixa, dado que não existe registo de histórico de falta de água, derivada de falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nos poços e furos. Quanto à severidade deste perigo, o nível considerado foi o máximo da escala, uma vez que a água é indispensável ao ser humano.

Especificamente para o exemplo 3, a probabilidade de ocorrência de bromatos na água da torneira do consumidor, decorrente de um evento de concentração de oxidante em excesso, foi classificada com o nível 2, isto é, aquele cuja possibilidade de ocorrência seja razoável ou existem poucas ocorrências do passado, uma vez que a formação de bromatos é condicionada pela presença de brometos na água captada. Embora não haja registo de histórico da presença de brometos na água do rio, optou-se por elevar o nível de probabilidade, por razões de segurança. Quanto à severidade do perigo identificado, foi considerado que este, uma vez que pode desencadear doenças como o cancro, foi avaliado com o nível máximo da escala.

O exemplo 4 apresenta um risco decorrente da ocorrência de metais, derivada de uma eventual contaminação provocada por uma receção inadequada. Considerou-se um nível baixo de probabilidade, isto é, com uma frequência baixa, embora seja possível, uma vez que todos os produtos inseridos no tratamento da água, quando são rececionados são sujeitos a um controlo dos certificados de análise. A severidade dos metais atribuída foi de 3, isto é, pode provocar um impacto regulatório grave na saúde humana.

O exemplo 5, relativo a uma situação de doseamento em excesso de coagulante nos tanques de mistura que potencializa o aparecimento de alumínio na água, originou um risco muito elevado para a saúde humana. Este nível de risco foi obtido através da atribuição das escalas de probabilidade e de severidade mais elevadas, uma vez que como não existe registo de histórico para esta etapa, procurou-se agir de forma preventiva. O alumínio constitui um dos perigos mais significativos que surge com a obra de expansão do SRC, dada a sua severidade para a saúde humana e a sua remoção no sistema. Assim, nesta análise também se considerou a limitação da eficiência do processo de filtração na remoção deste perigo. Importa referir ainda, que o pH deve ser continuamente controlado na etapa de coagulação, no sentido de monitorizar a formação de precipitados de hidróxido de alumínio.

Relativamente ao exemplo 6, o perigo descrito é a presença de matéria orgânica através de um deficiente controlo dos tempos de filtração, gerando um risco elevado. O nível de probabilidade de ocorrência classificado para este evento perigoso foi o mais elevado, isto é, todos os meses, conforme o guia “Planos de Segurança da Água em Sistemas Públicos de Abastecimento” emitido pela ERSAR. Quanto à severidade, o nível atribuído ao perigo em causa foi o 3, impacto regulatório grave, visto que a presença de matéria orgânica pode provocar efeitos adversos na saúde pública.

Após a análise da probabilidade de ocorrência e severidade a partir dos níveis de classificação da matriz selecionada foram obtidas 331 combinações de eventos perigosos e perigosos que potencializam baixos riscos, 320 combinações que originam riscos médios, 34 combinações que desencadeiam riscos elevados e, por último, 1 combinação que gera um risco muito elevado.

Como já foi anteriormente apresentado, estes resultados foram influenciados por uma perspetiva preventiva, particularmente, nas etapas que surgem após a obra de expansão do SRC, no sentido de assegurar a boa qualidade da água para os seus consumidores. Assim optou-se por atribuir uma elevada probabilidade de ocorrência dos perigos na água da torneira do consumidor, similarmente a um estudo realizado pelos autores Chicas-Dominguez e Scrimshaw, em 2010 (73). Nesta fase de desenvolvimento do PSA, procurou-se diminuir o quanto possível o nível de subjetividade. No entanto, dada a ausência de dados históricos que comprovassem a análise e posterior avaliação, foi necessário recorrer a diversas fontes de informação já apresentadas.

4.2.3. Identificação dos Pontos de Controlo Crítico e Pontos de Monitorização

Após a classificação do risco obtida para os eventos perigosos e perigosos identificados e associados a cada etapa do sistema de abastecimento, procedeu-se à identificação dos pontos nos quais o controlo é crítico (PCC) e ainda aos Pontos de Monitorização (PM). Importa referir que esta fase de desenvolvimento apenas recaiu nos riscos classificados com um nível médio, elevado e muito elevado, (exceto os perigos e eventos perigosos nas etapas de todo o sistema e riscos futuros) uma vez que os riscos classificados como baixos, apesar de serem considerados na fase anterior, originam impactos insignificantes para a saúde humana.

Na identificação dos PCC e PM no SRC, recorreu-se à árvore de decisão apresentada na Figura 48, que foi adaptada da incluída na metodologia HACCP, apresentada na Figura 7. Como referido anteriormente, esta ferramenta consiste numa sequência de questões que devem ser respondidas para cada evento perigoso e correspondente perigo do processo, no intuito de identificar os PCC e os PM do sistema de abastecimento.

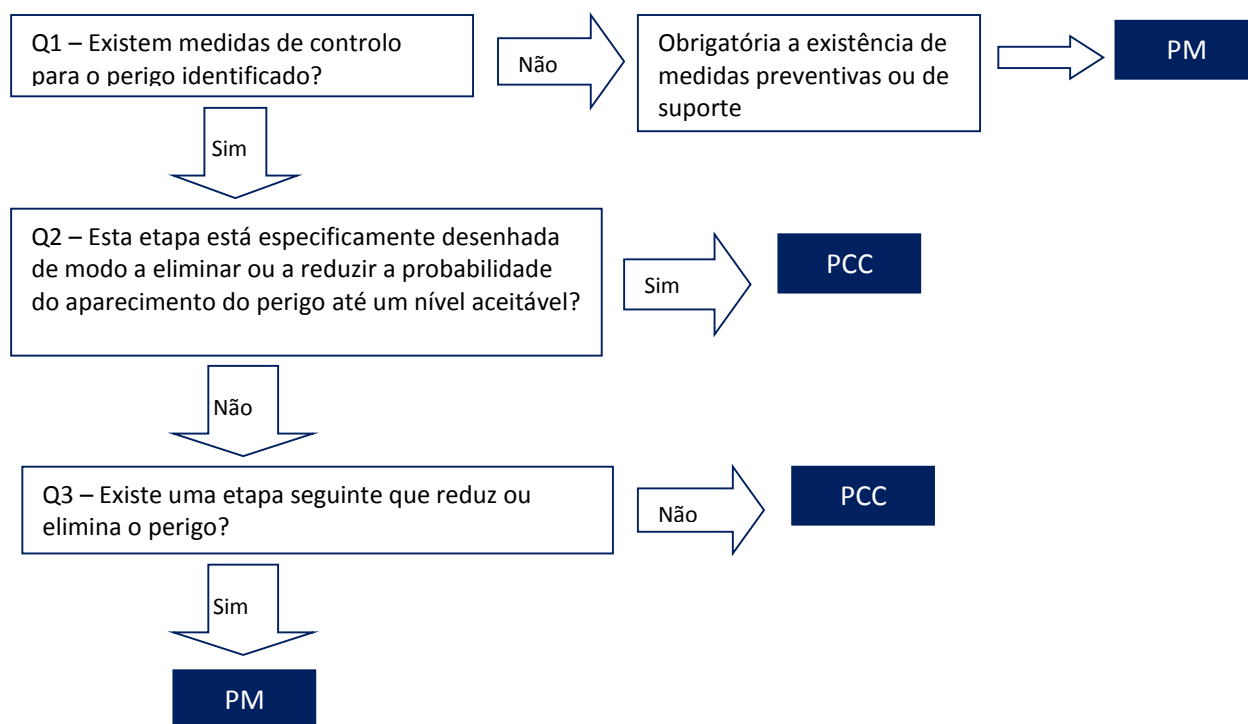


Figura 48 - Árvore de decisão da Águas do processo 8 do Manual de Gestão da Águas do Vouga, S.A.

Para responder à primeira questão da árvore de decisão “**Existem medidas de controlo para o perigo identificado?**” é necessário entender o conceito de medidas de controlo. Segundo o manual de gestão da Águas do Vouga, precisamente o Procedimento 8 “Gestão do Plano de Segurança da Água - Análise de risco para a Saúde Humana”, uma **medida de controlo** é definida como uma ação ou processo estabelecido especificamente para prevenir ou eliminar um perigo, ou reduzi-lo a um nível aceitável. Assim, se a resposta for afirmativa, deve passar-se à segunda questão. Se, pelo contrário, a resposta for negativa, é obrigatória a existência de medidas preventivas ou de suporte, identificando-se aqui um ponto onde se monitorizam parâmetros aplicáveis, isto é, um **PM**. Note-se que uma **medida preventiva ou de suporte** corresponde a uma atividade básica, genérica cuja implementação beneficia a segurança da água.

A segunda questão “**Esta etapa está especificamente desenhada de modo a eliminar ou a reduzir a probabilidade do aparecimento do perigo até um nível aceitável?**” pretende verificar, considerando o fluxograma do sistema de tratamento, se a operação ou fase do processo, é capaz de controlar o perigo identificado. Caso a resposta seja afirmativa, é encontrado um **PCC**, isto é, um ponto onde é essencial prevenir, eliminar ou reduzir um perigo dentro dos limites aceitáveis. Pelo contrário, se a resposta for negativa, deve passar-se à última questão da árvore de decisão.

A última e terceira questão “**Alguma etapa posterior do processo eliminará o perigo ou reduzirá a possibilidade do seu aparecimento para níveis aceitáveis?**” permite avaliar, se apesar da existência de um perigo nesta fase do processo, este consegue ser eliminado numa outra fase a jusante. A identificação de um **PCC**, surge resultando de uma resposta negativa a esta questão, contrariamente a uma resposta positiva, obtendo-se um **PM**.

4.2.3.1. Pontos de Controlo Crítico

Resultante da aplicação da árvore de decisão, foram obtidos 3 PCC na etapa do tratamento da água, especificamente nas etapas de filtração com areia, antracite e zeólitos e filtração com filtros em CAG e desinfecção, como se apresenta na Tabela 22.

Tabela 22 – PCC obtidos após utilização da árvore de decisão aos riscos identificados

| Etapa | Instalação | Evento Perigoso | Perigo | Q1 | Q2 | PCC |
|--|--|--|-------------------------------------|-----|-----|-----|
| Filtração com filtros de areia, antracite e zeólitos | Filtros de areia, antracite e zeólitos | Incorreta lavagem dos filtros | Matéria orgânica | Sim | Sim | 1 |
| | | Deteriorização do filtro | Metais Fe e Mn | Sim | Sim | |
| | | Deficiente controlo dos tempos de filtração | Turvação | Sim | Sim | |
| | | Perigos provenientes de etapas anteriores | Outros compostos químicos perigosos | Sim | Sim | |
| | | Perigos provenientes de etapas anteriores | Alumínio | Sim | Sim | |
| | | Deficientes condições de oxigénio no leito filtrante | Partículas | Sim | Sim | |
| Filtração com filtros de CAG | Filtros em CAG | Perigo proveniente de etapas posteriores | Aparecimento de sabor | Sim | Sim | 2 |
| | | Perigo proveniente de etapas posteriores | Cianotoxinas | Sim | Sim | |
| Desinfecção | Reservatório de água tratada | Doseamento incorreto de cloro | Microrganismos patogénicos | Sim | Sim | 3 |

Analisando a Tabela 22, como era esperado, verifica-se que todos os PCC obtidos localizam-se em três etapas de tratamento da água na ETA do Carvoeiro, uma vez que é através dos processos de tratamento que a maior parte dos perigos é eliminada ou reduzida para um nível aceitável.

O primeiro ponto PCC 1 foi identificado nos filtros de areia, antracite e zeólitos e corresponde aos perigos matéria orgânica; metais; turvação; outros compostos químicos perigosos; alumínio e partículas. Considerando que cada um destes perigos é removido, através dos filtros de areia, antracite e zeólitos, a resposta à primeira questão da árvore de decisão foi afirmativa. Quanto à segunda questão, uma vez que se verifica que esta etapa controla os perigos identificados, a resposta foi afirmativa, encontrando-se assim um primeiro PCC. Assim, não foi necessário continuar para a terceira questão da árvore de decisão. Note-se que estes perigos vão sendo ainda eliminados nos processos de tratamento a jusante da filtração. No entanto, são maioritariamente removidos nesta etapa desenhada para o efeito. Não obstante, apesar dos perigos metais, outros compostos químicos perigosos, partículas, turvação, alumínio e matéria orgânica serem considerados PCC apenas nesta etapa, estes são controlados nas etapas a montante, isto é, através de medidores analíticos de pH localizados nos tanques de mistura na coagulação-floculação e através de turbidímetros localizados nas etapas de coagulação-floculação e nos filtros de areia, antracite e zeólitos.

O mesmo raciocínio foi realizado para o PCC 2 e 3. O PCC 2, correspondente aos perigos aparecimento de sabor e cianotoxinas, eliminados, em última instância, na etapa filtração com filtros em CAG, e o PCC 3 referente ao perigo dos microrganismos patogénicos, eliminados na etapa de desinfecção, através do cloro. Importa referir que o aparecimento de sabor e cianotoxinas são controlados através da concentração de fitoplâncton no rio Vouga, enquanto que os níveis de cloro são controlados na ETA e nos reservatórios/ pontos de entrega, através da telegestão e da utilização de clorómetros em caso de dúvidas.

4.2.3.2. Pontos de Monitorização

Após a aplicação da árvore de decisão, foram obtidos 17 Pontos de Monitorização (PM) ao longo de todas as etapas da água. Na Tabela 23, encontram-se alguns exemplos dos mesmos, que foram retirados do Apêndice I, juntamente com as respetivas medidas preventivas ou de suporte.

Tabela 23 – Exemplos de PM obtidos após a aplicação da árvore de decisão aos riscos identificados

| Etapa | Instalação | Evento Perigoso | Perigo | Q1 | Q2 | Q3 | Ex. PM |
|---------------------------|-----------------------|---|----------------|-----|-----|-----|--------|
| Água bruta | Água superficial | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Falta de água | Não | - | - | 1 |
| Coagulação/ Floculação | Câmaras de coagulação | Doseamento em excesso de coagulante | Alumínio | Sim | Não | Sim | 2 |
| Ozonização | Câmaras de ozonização | Concentração de oxidante em excesso | Bromatos | Não | - | - | 3 |
| Desinfecção | Adição de cloro | Incorreta calibração do doseador | Trihalometanos | Não | - | - | 4 |

Considerando a Tabela 23 verifica-se que os PM podem ser identificados através de dois caminhos possíveis efetuados na aplicação da árvore de decisão, após uma resposta negativa à primeira questão ou após uma sequência de respostas Sim, Não, Sim às três questões consecutivas.

Os exemplos 1, 3 e 4 foram identificados, logo na primeira questão, ou seja, não existem medidas de controlo nem para a falta de água, bromatos e metais pesados, nem para os trihalometanos no SRC. Importa referir que este caminho da árvore de decisão obriga a que sejam identificadas medidas preventivas e de controlo.

Já o exemplo 2 foi identificado como PM após a terceira e última questão da árvore de decisão. O perigo alumínio pode ser controlado no sistema, na etapa de filtração com filtros de areia, antracite e zeólitos, o que justifica a resposta afirmativa a esta questão. Quanto à segunda, o perigo identificado nas câmaras de coagulação não é removido nesta mesma etapa, o que resulta numa questão negativa. Por último, a resposta afirmativa à terceira questão, deve – se ao facto de que este perigo é removido numa etapa a jusante, isto é, nos filtros de areia, antracite e zeólitos, como referido e portanto, é identificado como PM.

Resumidamente, tanto os perigos que não possuem medidas de controlo no sistema, como aqueles que possuem, necessitam de ser monitorizados em qualquer etapa da água no sistema de abastecimento. Os perigos que possuem medidas de controlo foram sempre identificados como PM, antes e após serem identificados como PCC na etapa de tratamento onde são maioritariamente removidos.

4.2.4. Plano de monitorização

O Plano de monitorização foi elaborado considerando todos os PCC e PM identificados no sistema de abastecimento. Não só os PM podem ser monitorizados, os PCC além de controlados são também monitorizados. Neste sentido, a elaboração deste plano consistiu em:

- Identificar o método de monitorização ou controlo para cada ponto, bem como a sua periodicidade;
- Definir limites de alerta e limites críticos, que consideraram em alguns casos a legislação em vigor e, em outros, a operação do processo de tratamento;
- Estabelecer procedimentos de controlo operacionais para cada etapa e procedimentos em caso do desvio aos limites definidos.

Nas Tabela 24, Tabela 25 e Tabela 26 é apresentado um resumo do plano de monitorização realizado apenas para os PCC. O plano completo encontra-se no Apêndice II desta dissertação.

Importa referir que todo o plano de monitorização, especialmente os limites de alerta e críticos apresentados são provisórios, sendo que devem ser sujeitos a alterações, dado que foram definidos numa altura inicial de arranque da ETA do Carvoeiro.

Tabela 24- Limites de alerta e críticos, procedimentos de controlo operacional e em caso de desvio para o PCC 1

| PCC1 – Matéria Orgânica, partículas, metais, outros compostos químicos perigosos, turvação, alumínio na filtração com filtros de areia, antracite e zeólitos | |
|--|---|
| Perigos: Matéria orgânica, partículas, outros compostos químicos perigosos e turvação e alumínio Parâmetro a monitorizar: Turvação e pH Local de monitorização: Filtros de areia antracite e zeólitos (turvação) e câmaras de coagulação/ floculação (pH) | |
| Limites de alerta Turvação: 0,4 UNT pH: 6,0 – 6,7 | Limites críticos Turvação: 0,5 UNT pH: 6,1 – 6,4 |
| Procedimentos de controlo operacional <ul style="list-style-type: none"> - Realizar inspeções visuais aos processos de tratamento, pelo menos uma vez por dia; - Verificar o funcionamento das sondas de pH e turvação, pelo menos uma vez por dia, e proceder à sua calibração, pelo menos uma vez por semana; - Analisar o alumínio através do fotómetro, pelo menos uma vez por dia; - Inspeccionar, pelo menos uma vez por dia, o sistema de doseamento (bombas doseadoras e rotâmetro); - Acompanhar o valor de turvação e pH no reservatório de água tratada; - Efetuar ações de limpeza aos equipamentos quando necessário; - Registar todos os resultados e ações envolvidas. | |
| Procedimentos em caso de desvio <u>Caso ocorra uma ultrapassagem do valor limite de alerta de turvação:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Alterar a percentagem da bomba doseadora de leite de cal até se obterem os valores de pH dentro dos limites de alerta (aumentar ou diminuir a concentração de leite de cal); - Verificar a eficácia da ação, através da monitorização em contínuo realizada pelos turbidímetros e sondas de pH; - Se esta ação não foi eficaz, adotar o procedimento para o desvio ao limite crítico. <u>Caso ocorra uma ultrapassagem do valor limite crítico de turvação:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar o funcionamento dos equipamentos, nomeadamente, sondas que medem a turvação e pH e a bomba doseadora; - Se o problema é causado devido a uma avaria na bomba doseadora, proceder ao doseamento manual; - Verificar o valor de alumínio através do fotómetro. Recolher uma amostra de água e confirmar o valor, realizando uma análise à água; - Se os valores de turvação persistirem elevados, rejeitar esta água. | |

Tabela 25 – Limites de alerta e críticos, procedimentos de controlo operacional e em caso de desvio para o PCC 2

| PCC2 – Aparecimento de sabor e cianotoxinas na filtração com filtros em CAG | |
|---|---|
| Perigos: Aparecimento de sabor e cianotoxinas Parâmetro a monitorizar: Fitoplâncton Local de monitorização: Rio | |
| Limites de alerta 2000 Células de cianobactérias/ml | Limites críticos 1 µg/l (microcistinas) |
| Procedimentos de controlo operacional <ul style="list-style-type: none"> - Controlo operacional conforme o plano analítico - Análise visual do aspeto da água do rio e aumento do consumo do cloro (+ 500g em 2 dias) | |
| Procedimentos em caso de desvio <ul style="list-style-type: none"> - Encaminhar a água captada nos poços e furos para os processos de ozonização intermédia e filtração em filtros de CAG; - Colheita de amostra de água para análise de fitoplâncton e manganês (semanal até situação normalizada); - Controlo operacional de sabor e oxigénio dissolvido (diário); - Injeção de ar no leito do rio; - Aumentar a frequência de amostragem de fitoplâncton na água do rio; - Realizar análises à toxina à saída da ETA; - Se o limite crítico for ultrapassado, recorrer ao procedimento contemplado no Plano de resposta a situações de emergência. | |

Tabela 26 - Limites de alerta e críticos, procedimentos de controlo operacional e em caso de desvio para o PCC 3

| PCC 3 – Microrganismos patogénicos e trihalometanos na desinfeção e remineralização | |
|---|---|
| Perigos: Microrganismos patogénicos e trihalometanos Parâmetro a monitorizar: Cloro residual Local de monitorização: Reservatório de água tratada | |
| Limites de alerta: 0,75 mg/l – 0,95 mg/l | Limites Críticos: 0,7 mg/l – 1,5 mg/l |
| Procedimentos de Controlo operacional <ul style="list-style-type: none"> - Registrar os caudais de saída do reservatório para a rede de distribuição e inspecionar a estrutura externa e a zona circundante; - Verificar as sondas de nível; - Confirmar os valores com um fotómetro pelo menos 2 vezes ao dia, ou sempre que suscitem dúvidas; - Verificar o valor de pH e temperatura da água; - Inspecionar a existência de fugas de cloro; - Verificar a pressão do serviço do tanque em uso ou, em alternativa, o volume/ peso do cloro ainda disponível, caso este se encontre vazio, deve proceder-se à troca do mesmo; - Inspecionar o sistema de doseamento, nomeadamente as bombas doseadoras e o rotâmetro; - Realizar análises à água armazenada nos reservatórios aos vários parâmetros, conforme o plano PCQA; - Realizar uma inspeção visual aos processo de tratamento de desinfeção e remineralização, verificando o seu funcionamento; - Realizar ações de limpeza, quando necessário; - Registrar todos os resultados e as ações envolvidas. | |
| Procedimentos em caso de desvio <u>Limites de alerta</u> <ul style="list-style-type: none"> - Aumentar ou diminuir, respetivamente, a concentração de cloro na ETA; - Verificar eficácia da ação; - Se a ação não for eficaz, adotar procedimento para desvio ao limite critico. <u>Limites Críticos</u> <ul style="list-style-type: none"> - Comunicar ao responsável pelo PSA; - Abrir folha de registos de desvio de cloro. | |
| <u>Ultrapassagem de limite crítico superior</u> <ul style="list-style-type: none"> - Fechar a válvula de saída do reservatório de água tratada; - Trabalhar em regime de 1 bomba, sem injeção de cloro; - Acompanhamento dos valores de cloro no reservatório; - Abrir a válvula de saída do reservatório quando o cloro estiver abaixo de 0,9 mg/l; - Acompanhamento dos valores de cloro nos reservatórios de entrega; - Verificar a eficácia das ações. | <u>Ultrapassagem de limite crítico inferior</u> <ul style="list-style-type: none"> - Fechar a válvula de saída do reservatório de água tratada; - Adicionar hipoclorito de sódio no reservatório de água tratada; - Acompanhamento dos valores de cloro no reservatório; - Abrir a válvula de saída do reservatório quando o cloro estiver acima de 0,7 mg/l; - Acompanhamento dos valores de cloro nos reservatórios de entrega; - Verificar a eficácia das ações. |

4.2.5. Validação

A validação da revisão do PSA recaiu unicamente na revisão da avaliação de riscos, dado que, quando o estágio terminou, a obra de expansão do SRC ainda não se encontrava totalmente concluída, estando numa fase final. Note-se que esta fase do PSA requer um registo de histórico relativo às condições operatórias e da qualidade da água tratada que inclua todas as operações do processo abrangidas após a obra de expansão do SRC.

A avaliação de riscos foi sucessivamente sofrendo alterações, especificamente na classificação da probabilidade de ocorrência e severidade, onde foram considerados os seguintes aspetos:

- A avaliação de risco foi efetuada recorrendo a três matrizes de risco diferentes, sendo que a considerada mais apropriada foi a matriz com quatro níveis de escala de probabilidade de ocorrência e severidade;
- A probabilidade de ocorrência dos perigos na água da torneira do consumidor manteve-se constante nas várias etapas, quando a sua presença era insignificante na água bruta, exceto em situações onde estes perigos poderiam ser introduzidos, por exemplo, através de contaminação;
- Numa perspetiva de garantir um abastecimento seguro, agindo de forma preventiva, procurou-se aumentar o nível da probabilidade de ocorrência nas etapas inseridas após a obra de expansão do sistema de abastecimento de água, dado que não existia registo de histórico;
- A avaliação de risco foi realizada sobre os riscos classificados com um nível médio, elevado e muito elevado), exceto na etapa designada “Todo o sistema (riscos futuros)” onde se optou por não aplicar a árvore de decisão, dado que não existiam dados que o justificassem;
- A árvore de decisão também foi alterada, sendo desenvolvidas duas versões. A primeira versão aplicada não continha a questão 2, “Esta etapa está especificamente desenhada de modo a eliminar ou a reduzir a probabilidade do aparecimento do perigo até um nível aceitável?”. No entanto, houve necessidade de, numa segunda versão, integrar esta questão na árvore, de modo a justificar as etapas onde foram identificados PCC;
- Na árvore de decisão foi ainda incluído o conceito de PM, isto é, pontos onde se monitorizam os parâmetros aplicáveis, identificados quando não existem medidas de

controlo, ou quando existe uma etapa seguinte que reduz ou elimina o perigo. Os perigos foram considerados PM, antes e após serem classificados como PCC.

4.3. Elaboração do mapa PCQA para o ano de 2016

A obra de expansão do SRCII requereu uma adaptação do PCQA, uma vez que o volume de água fornecida nas diferentes zonas de abastecimento em alta aumentou, e existem mais pontos de entrega, o que resultou em diferentes frequências mínimas de amostragem e de análise da água destinada para consumo humano para os dois tipos de controlo de rotina e de controlo de inspeção, segundo a legislação em vigor.

Numa fase inicial procedeu-se à determinação da frequência mínima de amostragem para os vários parâmetros, tendo como pressuposto um volume de consumo de 36807 m³/d a abastecer cerca de 270 000 habitantes.

Aplicando o Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto, recorrendo ao quadro B2 (Frequência mínima de amostragem e de análise da água destinada para consumo humano fornecida por uma entidade gestora em alta), verificou-se que teriam de ser planeadas 104 análises de controlo de rotina 1, 36 análises de controlo de rotina 2 e 4 análises de controlo de inspeção à água distribuída a partir dos reservatórios do SRC.

Quanto aos parâmetros conservativos, isto é, parâmetros em relação aos quais seja possível demonstrar não haver alterações negativas entre a estação de tratamento de água para consumo humano e as torneiras dos consumidores, começou-se por identificar a que grupo de controlo cada parâmetro correspondia, tendo-se constatado que a maior parte pertencia aos parâmetros de controlo de inspeção, e apenas os nitratos pertenciam ao controlo de rotina 2. Neste sentido, determinaram-se as frequências mínimas de amostragem para cada subgrupo dos parâmetros conservativos, isto é, para os parâmetros que fazem parte do controlo de inspeção, e para os parâmetros que fazem parte do controlo de rotina 2, recorrendo ao Quadro B1 do anexo II do mesmo decreto. Assim, conclui-se que teriam de ser realizadas 114 análises de nitratos e 7 análises aos parâmetros conservativos que pertencem ao controlo de inspeção.

No que concerne aos pesticidas, verificou-se que, considerando o documento emitido todos os anos pela ERSAR intitulado “Lista de pesticidas a pesquisar na água”, a bentazona e o tebucanazol constituem os pesticidas que devem ser analisados no ano de 2016, nos meses de primavera, verão e outono.

Para facilitar a representação dos tipos de análises no mapa PCQA, considerando as frequências mínimas obtidas, os parâmetros foram agrupados e legendados no mapa, conforme a Tabela 27 apresenta.

Tabela 27 – Parâmetros do mapa PCQA

| Legenda | Denominação | Parâmetros constituintes |
|---------|---|---|
| R1 | Controlo de rotina 1 | Escherichia coli; Bactérias coliformes e Desinfetante residual |
| R1 # | Controlo de rotina 1 e nitratos | Parâmetros de controlo da rotina 1 e nitratos |
| R2 | Controlo de rotina 2 | Alumínio; Amónio; Número de colónias a 22º; Número de colónias a 37ºC; Condutividade; Clostridium perfringens; Cor; pH; Ferro; Manganês; Nitratos; Nitritos; Oxidabilidade; Cheiro; Sabor e Turvação |
| R2+IC+P | Controlo de rotina 2, parâmetros conservativos e pesticidas | Parâmetros de controlo de rotina 2 e Acrilamida; Antimónio; Arsénio; Benzeno; Boro; Bromatos; Cádmio; Cianetos; Clore e tos; Crómio; 1,2-Dicloroetano; Fluoretos; Mercúrio; Nitratos; Radioatividade; Selénio; Sódio; Sulfatos; Tetracloroetano; Tricloroetano e pesticidas (Bentazona e Tebucanazol) |
| R2+P | Controlo de rotina 2 e pesticidas | Parâmetros de controlo de rotina 2 e pesticidas (Bentazona e Tebucanazol) |
| Insp | Controlo de inspeção | Antimónio: Arsénio; Benzeno; Benzo (a)pireno; Boro; Bromatos; Cádmio; Cálcio; Chumbo; Cianetos; Cobre; Crómio; 1,2-dicloroetano; Dureza total; Enterococos; Fluoretos; Magnésio; Mercúrio; Níquel; HAP; Pesticidas individuais; Pesticidas (total); Selénio; Cloretos; Tetracloroetano; Tricloroetano; Trihalometanos; Sódio; Carbono orgânico total; Sulfatos; Cloreto de vinilo; Epicloridrina e Acrilamida |
| Insp+P | Controlo de inspeção e pesticidas | Parâmetros de controlo de inspeção e pesticidas (Bentazona e Tebucanazol) |

O plano PCQA encontra-se na Figura 49. Na elaboração do plano PCQA foi considerado que aquando da realização de uma análise de controlo de rotina 2, realiza-se também uma análise de controlo de rotina 1, bem como, aquando da realização de uma análise de controlo de inspeção, realiza-se simultaneamente uma análise de controlo de rotina 1 e de rotina 2.

4.4. Configuração da plataforma de gestão operacional (NAVIA™)

A Águas do Vouga, S.A. conta com uma ferramenta de gestão operacional designada NAVIA™. Os princípios e conceitos aplicáveis apresentam-se na secção 3.3.2 desta dissertação.

No sentido de incluir e adaptar esta ferramenta a todas as alterações decorrentes da obra de expansão do SRC, foi necessário voltar a configurar o NAVIA™. Neste intuito, esta configuração passou pelos seguintes pontos:

- Organização dos processos em forma de árvore, com a criação de nós relativos aos processos de tratamentos novos na ETA do Carvoeiro, assim como os novos reservatórios, conforme ilustra a Figura 50;

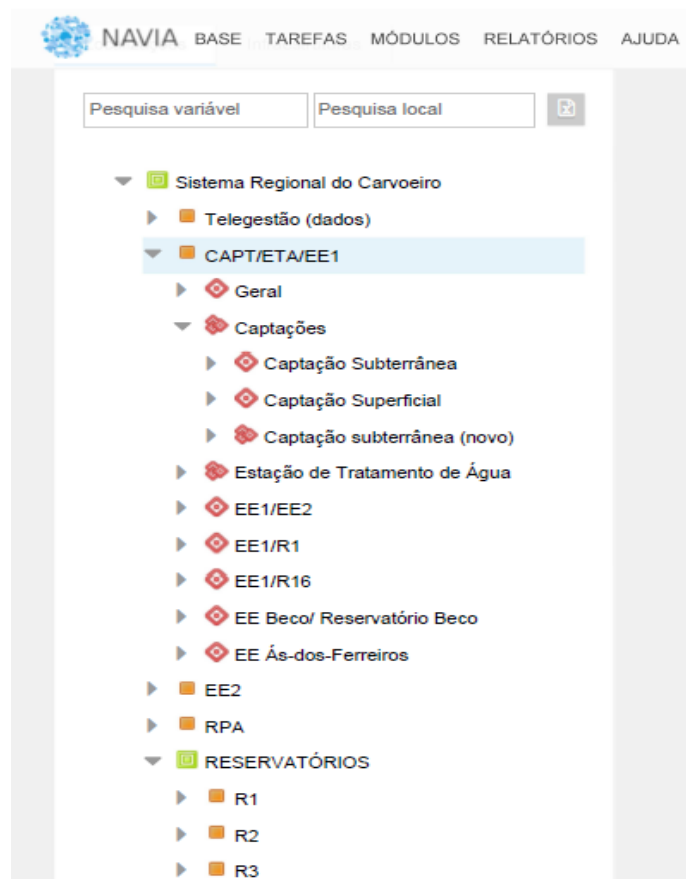


Figura 50 - Árvore de localizações do SRC

- Criação de variáveis relativas a novas substâncias químicas inseridas no tratamento da água, por exemplo o alumínio inserido como coagulante e o ozono como oxidante;

- Registo de resultados de análises de água calendarizadas no plano analítico na plataforma;

| Varíaveis | VARIÁVEL | DATA | MÉTODO ANÁLISE | LABORATÓRIO | VALOR |
|-----------|--------------------------------------|--------------|----------------|-------------|----------|
| | Legionella sp | 22/Jun 00h00 | | Luságua | Negativo |
| | Turvação (UNT) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | <0.80 |
| | Sabor (Factor de Diluição) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | <1 |
| | Oxidabilidade (mg O ₂ /l) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | <2 |
| | Nitratos (mg NO ₃ /l) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 4.0 |
| | Manganés (ug/l) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | <10 |
| | Cor (mg/l PtCo) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | <5 |
| | Colónias a 37 ° C (UFC/mL) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 0 |
| | Colónias a 22 ° C (UFC/mL) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 0 |
| | Clostridium perfringens (Nº/ml) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 0 |
| | Chelro (Factor de Diluição) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | <1 |
| | Amónio (mgNH ₄ /l) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | <0.10 |
| | Escherichia coli (UFC/100 ml) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 0 |
| | Bactérias coliformes (UFC / 100... | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 0 |
| | Cálcio (mg/l) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 13 |
| | pH - Sonda Lab | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 7.2 |
| | Condutividade (µS/cm) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 102 |
| | Alcalinidade (mg/L) | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 27.4 |
| | Cloro analisador - Analisador (m... | 22/Jun 00h00 | | Luságua | 0.86 |

VALIDAR
APAGAR
VOLTAR

Figura 51 – Registo de resultados de análises efetuadas no RPA no dia 22 de junho de 2015

- Elaboração de relatórios mensais e semanais através dos dados registados pelos operadores na plataforma;
- Criação do plano analítico PCQA na plataforma NAVIA™;
- Definição de limites de alerta de variáveis;
- Parametrização de variáveis nos diversos órgãos do sistema de abastecimento e o planeamento de tarefas diárias, semanais e mensais a realizar pelos operadores de serviço, como por exemplo “registar o nível do furo 1 às 9:00 horas, todos os dias”.

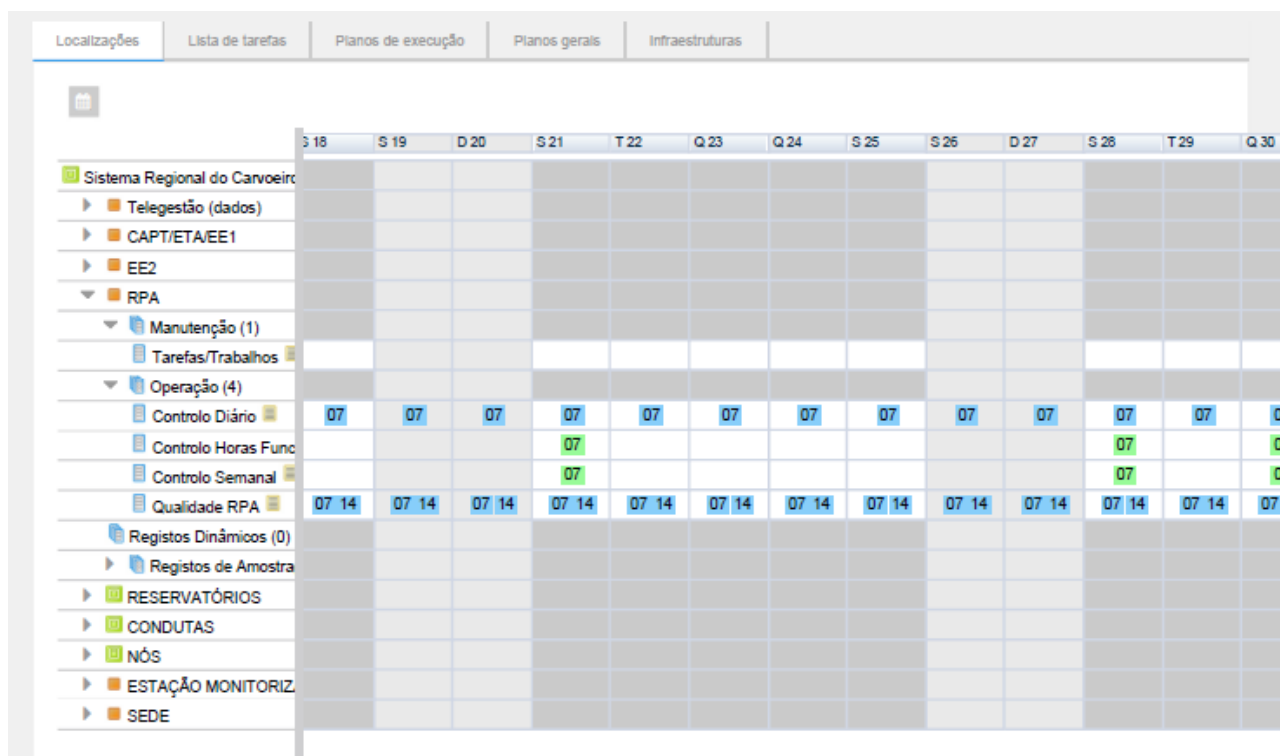


Figura 52 – Exemplo do planeamento de tarefas de controlo no RPA para um período de 13 dias

Este *software* revela ser bastante vantajoso no apoio à gestão operacional de um sistema de abastecimento de água. Nota-se uma redução significativa do tempo de registo e processamento de dados, em relação ao método de registo por folhas de papel. Os resultados operacionais encontram-se disponíveis de forma imediata, o que facilita a sua gestão. O NAVIA™ permite ainda responsabilizar os operadores nas ações desempenhadas, uma vez que cada operador possui credenciais de acesso, onde regista todas as ações desempenhadas (74).

Em suma, esta ferramenta contribuí essencialmente no controlo, avaliação e otimização do trabalho das equipas operacionais.

4.5. Revisão dos processos de qualidade do Manual de Gestão da Águas do Vouga, S.A.

Além da revisão do PSA, do PCQA e ainda a reconfiguração da plataforma NAVIA™, a obra de expansão do SRC impôs também a revisão de alguns processos do Sistema de Qualidade constituintes do Manual de Gestão da Águas do Vouga, S.A..

Os processos que foram alvo de revisão foram o processo 1 denominado Captação, Tratamento e Abastecimento e o processo 8, Gestão do Plano de Segurança da Água- Análise de risco para a saúde humana.

A revisão do processo 1 incidiu na revisão do fluxograma geral do Sistema Regional do Carvoeiro e ainda no desenvolvimento do fluxograma da ETA do Carvoeiro, incluindo a descrição dos mesmos.

No que concerne ao processo 8, relativo à gestão do PSA, a revisão efetuada recaiu na alteração da matriz de avaliação de risco e na árvore de decisão.

Ambas as propostas dos processos se encontram nos Apêndices III e IV desta dissertação.

5. Conclusões e recomendações

O último capítulo desta dissertação encontra-se dividido em duas secções. A secção 5.1 apresenta as principais conclusões obtidas acerca dos resultados conseguidos durante o período de estágio. Na secção 5.2 expõem-se algumas recomendações a serem consideradas em trabalhos futuros, com a mesma temática.

5.1. Conclusões

A presente dissertação focou-se na revisão do Plano de Segurança da Água (PSA) do Sistema Regional do Carveiro (SRC) que foi imperativa após a obra de expansão. Para concretizar este objetivo, tornou-se essencial realizar um enquadramento teórico acerca da abordagem do PSA e, conhecer de forma detalhada, o SRC, incluindo o seu funcionamento operacional. No sentido de responder ao objetivo principal do trabalho desenvolvido, e todos os aspetos inerentes, importa destacar as principais conclusões e fazer uma análise crítica dos resultados.

O enquadramento teórico da temática desta dissertação, centrada na abordagem dos Planos de Segurança da Água, permite destacar várias conclusões:

- O PSA é um importante instrumento para garantir a qualidade da água, reduzindo a ocorrência de doenças transmitidas pela água resultando numa melhoria da saúde pública a longo prazo.
- A implementação do PSA promove o aumento da comunicação e colaboração entre as partes interessadas e assegura a sustentabilidade das melhorias de abastecimento de água, uma vez que este plano é projetado para um processo de melhoria contínua.
- A metodologia HACCP constitui uma ferramenta útil para estabelecer e reforçar o controlo de todo o sistema de tratamento, incluindo o princípio do método das barreiras múltiplas.
- Um sistema de abastecimento de água onde o PSA se encontra implementado não beneficia apenas na melhoria da qualidade da água, cumprindo os limites paramétricos dos vários parâmetros legais, destacando-se várias outras alterações benéficas, como práticas de gestão mais eficientes, alterações dos procedimentos diários, entre outras.

- Considerando as dificuldades e os vários benefícios apontados referentes à implementação de um plano deste tipo num sistema de abastecimento, conclui-se que os benefícios superam as dificuldades. As entidades gestoras não devem olhar para o PSA como um trabalho adicional, mas sim como um plano capaz de aumentar o nível de confiança dos consumidores e garantir um controlo mais eficiente do sistema de abastecimento, resultando em melhorias da qualidade da água. A implementação do PSA em sistemas de abastecimento de água para consumo humano é algo necessário e não prescindível.
- Nota-se uma evolução crescente da utilização do PSA pelo mundo. Contudo, em Portugal a ausência de legislação e políticas e a necessidade de instrumentos de controlo adequados constituem os maiores obstáculos.

Quanto ao trabalho desenvolvido em ambiência de estágio, na empresa Águas do Vouga, S.A., apresentado nesta dissertação, salientam-se os principais aspetos conclusivos:

- No âmbito da qualidade da água fornecida e distribuída, foi analisada a água do rio Vouga, a captada no leito do rio e a armazenada nos reservatórios do sistema. O estudo realizado à qualidade da água do rio Vouga permitiu concluir que, considerando os vários parâmetros, esta água é classificada na categoria A3, (devido unicamente à concentração dos coliformes totais), segundo o Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto.
- Quanto à qualidade da água captada no leito do rio, o estudo efetuado permitiu concluir que esta água é classificada na categoria A2 devido aos parâmetros coliformes totais, coliformes fecais, ferro dissolvido e azoto amoniacal. Através destes resultados é notório o efeito do leito do rio na qualidade da água, salientando-se uma diminuição da concentração dos parâmetros analisados na água do leito, em relação à água do rio.
- O estudo efetuado à qualidade da água armazenada nos reservatórios permitiu constatar que a qualidade da água cumpriu quase sempre os VP estipulados na legislação, não colocando em risco a saúde dos consumidores, no período de tempo em análise.
- No que concerne à revisão do Plano de Segurança da Água (PSA), imperativa após a obra de expansão do sistema de abastecimento, considerando a versão anterior deste plano, propõem-se várias alterações. Esta revisão abrangeu a aplicação da metodologia do PSA à nova infraestrutura de captação superficial, aos novos processos de tratamento da água da

ETA do Carvoeiro, incluindo a EEI e às novas infraestruturas de encaminhamento e elevação da água. Adicionalmente, foram ainda listados os perigos e eventos perigosos relacionados com riscos futuros do SRC, incluindo uma posterior avaliação de riscos. Comparando a edição anterior do PSA com a sua revisão, nota-se que tanto a matriz de risco, como a árvore de decisão a que se recorreu foram diferentes. Na edição anterior a matriz utilizada possuía 3 escalas de probabilidade de ocorrência e de severidade, e nesta revisão, a matriz utilizada possui 4 escalas de probabilidade de ocorrência e de severidade. Quanto à árvore de decisão, contrariamente à edição anterior do PSA, a revisão efetuada incluiu a identificação de Pontos de Monitorização (PM) ao longo do sistema.

- A primeira fase da revisão do PSA do SRC resultou na identificação de 166 eventos perigosos, 17 tipologias de perigos, (nomeadamente, o alumínio; os bromatos; as cianotoxinas; outros compostos químicos perigosos; a falta de água, os hidrocarbonetos; os metais pesados As, Se e Sb; os microrganismos patogénicos; os pesticidas; os radionuclídeos; os trihalometanos; os metais Fe e Mn; a matéria orgânica; o sabor; o pH inadequado; as partículas e a turvação) e 686 combinações de eventos perigosos e perigos. É possível concluir que existem diversos eventos perigosos e perigos da água para a saúde humana, em sistemas de abastecimento, associados muitas das vezes, a falhas dos órgãos constituintes do sistema, e à execução de procedimentos operacionais incorretos. É de salientar que dos diversos perigos listados, alguns são inseridos no próprio sistema de forma propositada, como é o caso do alumínio, do cloro e do ozono, produtos químicos incluídos no tratamento da água na ETA do Carvoeiro. Considerando a severidade dos mesmos para a saúde humana, torna-se imperativo uma monitorização em contínuo destes compostos ao longo do sistema.
- No que concerne à avaliação de risco, realizada recorrendo à matriz, conclui-se que este método de avaliação é prático, identificando os riscos com maior e menor prioridade. No entanto, apresenta uma certa subjetividade associada às escalas de probabilidade de ocorrência e severidade. Contudo a utilização de um método mais quantitativo não se justificaria, dada a ausência de dados disponíveis que servissem de suporte para os diversos cálculos morosos que o método exige.
- A aplicação da matriz de risco evidenciou uma tendência na classificação das combinações de eventos perigosos e perigos, quanto à probabilidade de ocorrência, severidade e riscos gerados, que encontra-se representada na Figura 53.

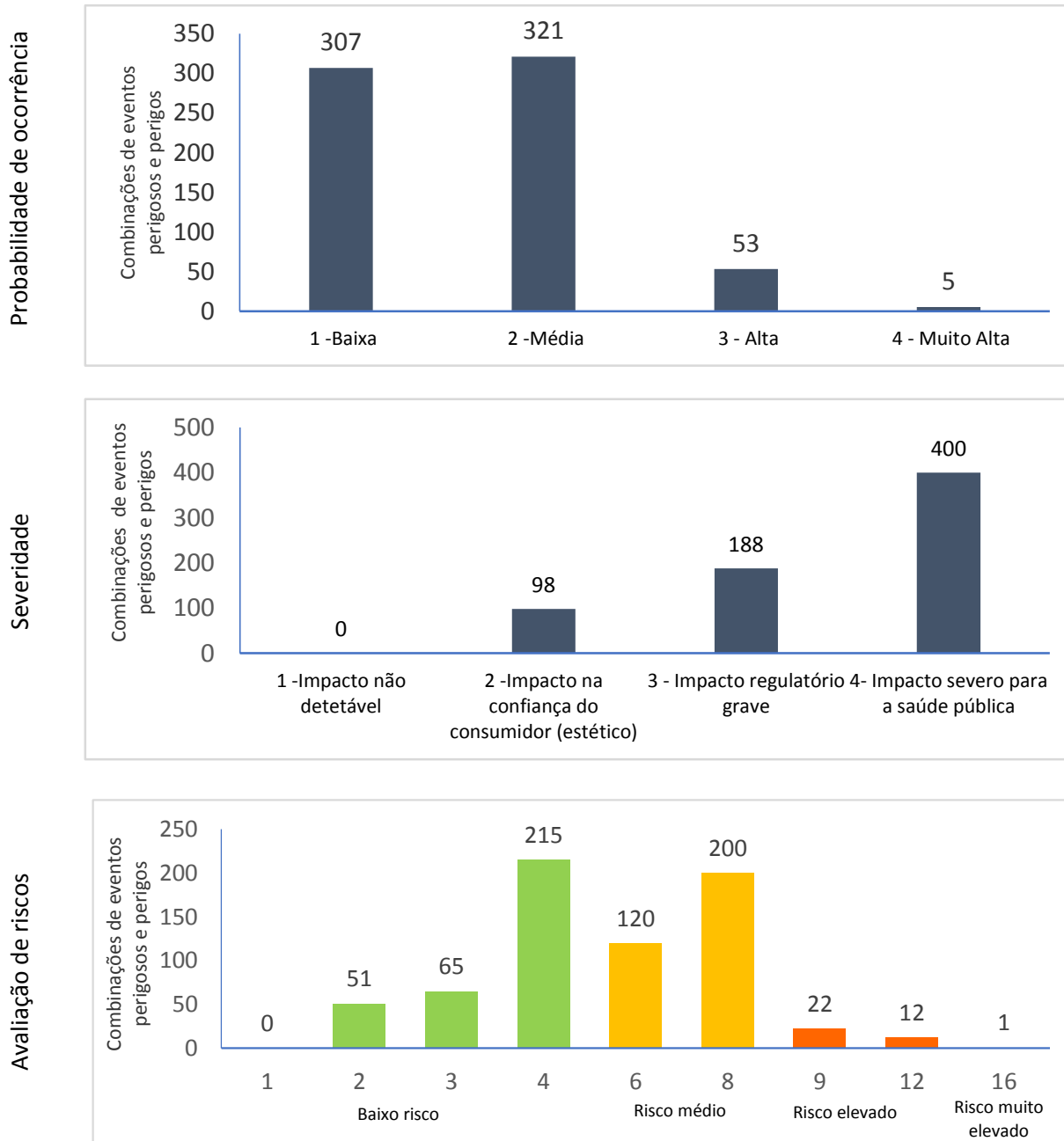


Figura 53 - Classificação das combinações dos eventos perigosos e perigos quanto à probabilidade de ocorrência e severidade e classificação de riscos no SRC

Atendendo à Figura 53 conclui-se que a maior parte dos perigos identificados associados aos respetivos eventos perigosos foram classificados, no contexto da probabilidade da sua ocorrência na água da torneira do consumidor como médios, isto é, com uma possibilidade de ocorrência razoável ou existem poucas ocorrências no passado, uma vez por cada 5 anos. Pelo contrário apenas 5 perigos possuem uma probabilidade de ocorrerem na água da torneira do consumidor muito elevada, ocorrendo de forma sistemática, isto é, pelo menos

uma vez por mês. Estes resultados foram influenciados pela abordagem preventiva utilizada, que atribuiu uma elevada probabilidade de ocorrência dos perigos, onde não existiam dados acerca da sua ocorrência no sistema de abastecimento.

- Salienta-se um elevado número de perigos e eventos perigosos classificados com um baixo nível de probabilidade de ocorrência, grande parte correspondente às etapas de água bruta, captação e outras etapas anteriores à obra de expansão do SRC.
- A análise da severidade procurou classificar os perigos identificados, quanto ao seu impacto na saúde humana. Constatou-se que a maioria dos perigos identificados foram classificados com o nível máximo da escala da severidade, isto é, podem gerar impactos severos na saúde pública. Estes resultados eram esperados, uma vez que, como já analisado na Tabela 20, grande parte das tipologias de perigos identificados no SRC foram classificados com o nível mais elevado da escala de severidade, isto é 4. Importa referir que uma maior especificidade dos perigos apresentados poderia beneficiar esta análise, tornando-a mais rigorosa, influenciando também a posterior avaliação de risco.
- No que concerne à avaliação de risco, conclui-se que a maior parte das combinações de eventos perigosos e perigos identificados (cerca de 331) são classificados com um risco baixo, incluídas nas etapas de água bruta captação e às restantes etapas anteriores à obra de expansão, onde existia registo de histórico. Não obstante, verifica-se um elevado número de combinações de eventos perigosos e perigos classificados com um nível de risco médio (320), abrangidos, maioritariamente, nas etapas de tratamento de água posteriores à obra de expansão do sistema de abastecimento, e todo o sistema, incluindo os riscos futuros.
- As combinações de perigos e eventos perigosos classificados com um nível de risco elevado e muito elevado representam a menor parte do universo estudado, contando com cerca de 35 combinações, sendo 34 classificadas com o nível de risco elevado e apenas 1 com um risco muito elevado. A Tabela 28 destaca os riscos classificados como elevados e muito elevados do Sistema Regional do Carvoeiro, face à saúde humana.

Tabela 28 – Combinações de eventos perigosos e perigos classificadas com um risco elevado e muito elevado

| Etapa/ Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Risco | Ponto |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|-------|-------|
| Coagulação/floculação | Doseamento em excesso de coagulante | Alumínio | 16 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Outros compostos químicos perigosos | 12 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Cianotoxinas | 12 | PM |
| Água Bruta – água superficial | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Outros compostos químicos perigosos | 12 | PM |
| Água Bruta – água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Outros compostos químicos perigosos | 12 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Cianotoxinas | 12 | PM |
| Água Bruta- água superficial | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Outros compostos químicos perigosos | 12 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Crescimento anormal de algas | Cianotoxinas | 12 | PM |
| Captação - água superficial | Perigo provenientes de etapas anteriores | Outros compostos químicos perigosos | 12 | PM |
| Captação - água superficial | Perigo provenientes de etapas anteriores | Cianotoxinas | 12 | PM |
| Filtração | Deficiente controlo da coluna de água sobre o leito filtrante | Matéria Orgânica | 12 | PCC |
| Filtração | Deficiente controlo de tempos de filtração | Matéria Orgânica | 12 | PCC |
| Oxidação com ozono | Doseamento incorreto de oxidante | Microorganismos patogénicos | 12 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Escorrências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da atividade pecuária | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Produtos fertilizantes ou agroquímicos provenientes da atividade agrícola e florestal | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Contaminação da água devido a fogos florestais | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Água Bruta - água superficial | Descargas poluentes (metais e hidrocarbonetos) | Metais Fe e Mn | 9 | PM |
| Captação - água superficial | Perigo provenientes de etapas anteriores | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Coagulação/floculação | Doseamento incorreto de coagulante | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Coagulação/floculação | Doseamento incorreto de floculante | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Matéria Orgânica | 9 | PM |
| Oxidação | Concentração insuficiente de oxidante | Matéria Orgânica | 9 | PM |

Atendendo à Tabela 28, verifica-se que o doseamento em excesso de coagulante (WAC) que pode gerar o aparecimento de alumínio na água, na etapa de coagulação/floculação constitui o risco mais elevado do sistema de abastecimento (com o nível máximo de risco de 16). Importa referir que para a etapa de coagulação/ floculação não existe registo de histórico, e sendo o WAC um novo químico adicionado, e precursor do alumínio, procurou-se elevar o nível de probabilidade de ocorrência para 4, agindo de forma preventiva. Considerando todos os perigos, conclui-se que o alumínio constitui um dos perigos com maior significância em todo o sistema, após a obra de expansão do SRC, dada a inexistência de dados históricos e a sua severidade para a saúde humana. Quanto aos riscos elevados, com um nível de 12 destacam-se as etapas de água superficial, captação de água superficial, filtração e ozonização, com os perigos outros compostos químicos perigosos, cianotoxinas, matéria orgânica e microrganismos patogénicos. Com um nível de 9, destacam-se as etapas água bruta superficial e sua captação, coagulação/ floculação, flotação e ozonização, referentes à matéria orgânica e aos metais.

Através destes resultados é possível concluir que todas as combinações de eventos perigosos e perigos classificadas com um nível de risco elevado e muito elevado correspondem a etapas posteriores à obra de expansão do sistema. No sentido de contornar a ausência de registo de histórico, nas etapas de água bruta superficial e captação, a probabilidade de ocorrência do aparecimento dos perigos na água da torneira do consumidor foi determinada recorrendo aos resultados de monitorização da qualidade da água do rio, o que pode explicar o elevado nível de risco atribuído para as diversas combinações. Relativamente aos processos de tratamento, Importa frisar que estes resultados foram influenciados não só por uma perspetiva preventiva, mas também pela consulta de outras fontes de informação na determinação da probabilidade de ocorrência dos vários perigos e eventos perigosos.

Note-se a importância em monitorizar, ou se possível controlar estes riscos, no sentido de assegurar uma boa qualidade da água distribuída aos consumidores. Conclui-se que na etapa de água bruta apenas é possível monitorizar os vários perigos através de medidas de suporte como a realização, conforme o plano analítico, de análises à qualidade da água e em última instância, recorrer aos procedimentos de controlo em caso de desvio contemplados no plano de emergência, e no plano de monitorização. Nos processos de tratamento além de

monitorizar, é possível controlar os inerentes perigos, recorrendo a análises de qualidade da água, ao acompanhamento contínuo do sistema de telegestão incorporado no sistema, ao programa de manutenção, entre outras medidas de suporte que são apresentadas no Apêndice I desta dissertação.

- Após a avaliação de risco, a aplicação da árvore de decisão permitiu identificar PM e PCC. Como era de esperar a maior parte dos pontos de controlo identificados, cerca de 17 foram classificados como PM, abrangendo cada um deles, vários perigos, em todas as etapas da água onde o SRC intervém. Por outro lado, foram identificados 3 PCC nas etapas de tratamento da água, incidindo em 9 tipologias de perigos. É importante referir que nem todos os perigos listados foram abrangidos por PCC na ETA do Carvoeiro, uma vez que estes desencadearam riscos classificados como baixos, e portanto, a árvore de decisão não foi aplicada. Os 3 PCC foram identificados nas etapas de filtração com filtros de areia, antracite e zeólitos, na filtração com filtros em CAG, e na desinfecção com cloro. É possível concluir que a árvore de decisão é uma ferramenta adaptável que desempenha um papel essencial no PSA, sendo de fácil aplicação.
- Conclui-se também que dos 3 PCC identificados nas etapas de tratamento, abrangendo vários perigos, 2 decorreram de riscos médios, e apenas 1 de um risco elevado (como apresentado na Tabela 28), uma vez que as combinações de eventos perigosos e perigos nas etapas de tratamento inseridas após a obra de expansão foram maioritariamente classificadas com um nível de risco médio, dada a ausência de registo de histórico, e a utilização de outras fontes de informação.
- Para todos os PM e PCC foi definido um plano de monitorização, incluindo limites de alerta e limites críticos e procedimentos de controlo operacional e em caso de desvio. Os limites basearam-se no controlo operacional dos processos de tratamento, e importa realçar que não são definitivos, dado que quando foram definidos, a ETA do Carvoeiro se encontrava num período de testes. Pela mesma razão, os limites para o caso do ozono ainda não foram definidos. Os procedimentos apresentados no plano de monitorização são propostos, e devem igualmente sofrer alterações ao longo do tempo de funcionamento dos vários processos e tratamento. A elaboração do plano de monitorização revelou ser uma fase do

PSA que requereu um conhecimento muito aprofundado do funcionamento operativo do sistema de abastecimento de água.

- Após o desenvolvimento da revisão do PSA aplicado ao SRC, conclui-se que este plano compreende várias fases de trabalho que requerem um vasto conhecimento acerca do funcionamento do sistema de abastecimento e suas potenciais falhas. Necessita ainda de um registo de histórico de todo o processo operacional, no sentido de listar os perigos e eventos perigosos eminentes em cada etapa, desde a origem da água bruta, até aos reservatórios de água tratada. Contudo, dada a ausência de dados de histórico que servissem de suporte à revisão do PSA, este trabalho envolveu uma pesquisa de informação significativa, principalmente em torno dos eventuais perigos e eventos perigos associados a sistemas de abastecimento de água, bem como da sua frequência na água da torneira do consumidor.
- A Águas do Vouga, S.A., como concessionário responsável pela gestão do sistema, vem beneficiar com a revisão deste plano, uma vez que os seus gestores conseguem identificar os riscos mais significativos e os pontos do sistema, onde o controlo desses riscos é fulcral em todas as etapas do SRC após a obra de expansão. Assim, prevê-se, a longo prazo, uma melhoria na qualidade da água e, conseqüentemente, uma maior confiança por parte dos consumidores.
- A elaboração do PCQA, a configuração da plataforma de gestão operacional e a revisão de dois processos de qualidade constituintes do manual do Sistema de Gestão de Qualidade da Águas do Vouga constituíram tarefas secundárias, que permitiram a integração nos procedimentos internos do dia-a-dia da empresa. A elaboração do plano PCQA para o ano de 2016 possibilitou a aplicação dos conceitos estabelecidos na legislação, especificamente do Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto. A configuração da plataforma de gestão operacional permitiu concluir que esta ferramenta se revela bastante prática na execução das tarefas diárias de um sistema de abastecimento de água, evitando o uso de papel dos diversos registos efetuados.

5.2. Recomendações

Qualquer plano deve prever mecanismos para a sua revisão e aperfeiçoamento. Assim recomenda-se que a revisão do PSA que foi iniciada tenha continuidade e venha a aumentar o grau de especificidade dos perigos identificados, no sentido de realizar uma análise mais completa, rigorosa e concisa, prevenindo um maior número de riscos resultando numa melhoria da qualidade da água. Salienta-se a importância de validar o PSA aplicado ao SRC com as alterações decorrentes da obra de expansão, incluindo a definição de limites de alerta e críticos, procedimentos de controlo operacional e em caso de desvio. Esta validação é particularmente importante após uma situação de emergência. Outro procedimento importante consiste na realização de auditorias, quer internas quer externas, para verificação do PSA, com uma frequência mínima de uma vez por ano.

Para apoiar a avaliação da probabilidade de ocorrência dos principais perigos é importante reforçar a monitorização da qualidade da água do rio, especialmente por meio de uma estação de monitorização de alerta, como a estação de Pessegueiro do Vouga, que realize medições em contínuo de parâmetros como a clorofila, a amónia, o oxigénio dissolvido, o pH, a temperatura e a turvação.

Bibliografia

1. Instituto da Água. Carta Europeia da água do Conselho da Europa. Conselho da Europa. Estrasburgo: Conselho da Europa; 1968. p. 2.
2. Direcção Geral dos Recursos Naturais. A Água, a Terra e o Homem: ciclo da água. Instituto da Água. 2003. p. 20.
3. Alves C. Tratamento de Águas de Abastecimento. 2ª ed. Porto: Publindústria, Edições Técnicas; 2007. p. 335.
4. Costa PIB. Plano de Segurança da Água Caso de estudo: Sistema de Abastecimento Público de Água de Castro Verde. Universidade do Algarve - Faculdade de Ciências e Tecnologia; 2010.
5. Vieira JMP, Morais C. Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento. Lisboa: IRAR; 2005. p. 161.
6. IRAR. A Carta de Bona para o Abastecimento Seguro de Água para Consumo Humano. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos; 2005. p. 17.
7. Diário da República. Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto. Imprensa Nacional Casa da Moeda Lisboa, Portugal; 2007 p. 5747–65.
8. Diário da República. Decreto-Lei n.º 92/2010 de 26 de julho. Imprensa Nacional Casa da Moeda Portugal; 2010 p. 2825–42.
9. Diário da República. Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto. Imprensa Nacional Casa da Moeda Lisboa; 1998 p. 3676–722.
10. Ministério Público. Procuradoria Geral Distrital de Lisboa [Internet]. [cited 2005 May 4]. Available from: http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=2186&tabela=leis&nverso=ao=
11. WHO. Water Safety Plan Manual Step-by-step risk management for drinking-water suppliers. WHO Library. Geneva; 2009. 108 p.
12. Drinking Water Inspectorate. A brief Guide to Drinking Water Safety Plans. DWI. 2005. 1-12 p.
13. Smith M, Reed B. Fact Sheet 8 An introduction to Water Safety Plans. WEDC. 2012;(May):4.
14. Netto G. Plano de Segurança da água no Brasil. In: I Congresso dos Engenheiros de Língua Portuguesa [Internet]. Lisboa: Ministério da Saúde; 2012. p. 23. Available from:

http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/18102012_guilhermenetto_124277932150ab494580f87.pdf

15. Baptista JF de M. Reabilitação de Sistemas de Distribuição de água- Uma metodologia de abordagem. LNEC. Lisboa; 1995.
16. Isabel Sofia Ferreira Alves. Remoção de sólidos da água do rio Vouga para abastecimento público. Universidade de Aveiro; 2012.
17. Raposo C, Matos JS, António M. Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4 - Parte 2 - Caracterização da Região Hidrográfica 4 - 1.8 Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais. Administração da Região Hidrográfica do Centro I.P. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. 2012. p. 1–129.
18. PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007–2013 [Internet]. 1st ed. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa: Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento do Território; 2007. 172 p. Available from:
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Plano+Estrat?gic+de+Abastecimento+de+?gua+e+de+Saneamento+de+?guas+Residuais#1>
19. Águas do Vouga, S.A. [Internet]. [cited 2015 Mar 3]. Available from:
<http://www.aguasdovouga.com/>
20. Aquapor [Internet]. [cited 2015 Mar 1]. Available from:
<https://www.aquaporservicos.pt/>
21. Águas do Vouga. Relatório de contas da Águas do Vouga [Internet]. 2012. Available from:
<http://www.aguasdovouga.com/index.php?tipo=empresa42&id=42&pai=empresa>
22. Empreitada de ampliação do Sistema Regional do Carvoeiro (SRC II). Memória Descritiva e Justificativa do Processo de Tratamento e Equipamento da ETA do Carvoeiro. Associação de Municípios do Carvoeiro-Vouga. 2013.
23. Associação de Municípios do Carvoeiro - Vouga. Sistema Regional do Carvoeiro II. 2015. p. 7.
24. Camacho A, Oliveira F. O plano de segurança da água empresa Águas do Vouga. 2009;1–9. Available from:
<https://www.aquaporservicos.pt/uploads/attachments/295/planodesegurancadaaguadaaaguasdovouga.pdf>
25. Hilaco S. Implementação do Plano de Segurança da Água para consumo humano em Portugal [Internet]. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas; 2012. Available from:
<http://run.unl.pt/handle/10362/7393>

26. IWA. IWA Water Wiki [Internet]. [cited 2015 Apr 1]. Available from: <http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/Bonncharterprinciplesforsafedrinkingwater>
27. Alberta Environment and Sustainable Resource Development. Training Course: Drinking Water Safety Plans [Internet]. Government of Alberta. p. 47. Available from: <http://environment.gov.ab.ca/info/library/8691.pdf>
28. Roseane Maria Garcia Lopes de Souza. Princípios e métodos utilizados em segurança da água para consumo humano [Internet]. São Paulo; 2008. p. 54. Available from: <http://cersaportal.org/principios-e-metodos-utilizados-em-seguranca-da-agua-para-consumo-humano-sao-paulo-2008/>
29. Mouchtouri V a., Bartlett CLR, Diskin A, Hadjichristodoulou C. Water Safety Plan on cruise ships: A promising tool to prevent waterborne diseases. Sci Total Environ [Internet]. Elsevier B.V.; 2012;429:199–205. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.04.018>
30. Vaz A, Moreira R, Hogg T. Introdução ao HACCP [Internet]. AESBUC Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica. Porto; 2000. Available from: <http://www.esac.pt/noronha/manuais/manual HACCP spiral.pdf>
31. Hamilton PD, Gale P, Pollard SJT. A commentary on recent water safety initiatives in the context of water utility risk management. Environ Int [Internet]. 2006;32(8):958–66. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041200600078X>
32. Sofia S, Costa C. Manutenção e Implementação de Sistemas HACCP em clientes de Panificação , Restauração e Hotelaria e Sector das Carnes [Internet]. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; 2011. Available from: https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj187WfzanJAhWJnBoKHQYaDmcQFggBMAA&url=http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese_Mest_Sandra-Costa.pdf&usq=AFQjCNHSVe4C1MQ_kTqtMnWfh9d0clAC1A
33. WHO. Water safety in distribution systems [Internet]. WHO. Geneva; 2014. 157 p. Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/Water_Safety_in_Distribution_System/en/
34. Cabral AR, Rohlf DB, Grigoletto JC, Daniel MHB. Plano de Segurança da Água Garantindo a qualidade e promovendo a saúde Um olhar do SUS. Brasília: Ministério da Saúde; 2012. 60 p.
35. Braz FV dos S. Metodologia de avaliação de riscos em equipamentos de energias renováveis: solar e biomassa [Internet]. Escola Superior de Ciências Empresariais-Instituto Politécnico de Setúbal; 2014. Available from: <http://comum.rcaap.pt/handle/123456789/6497>

36. Davidson A, Howard G, Stevens M, Callan P, Fewtrell L, Deere D, et al. Water safety plans: Managing drinking-water quality from catchment to consumer [Internet]. Journal of environmental health. Geneva: WHO; 2005. 244 p. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21301119>
37. Kot M, Castleden H, Gagnon GA. The human dimension of water safety plans : a critical review of literature and information gaps. NRC - Res Press [Internet]. 2015;29(April 2014):24–9. Available from: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/er-2014-0030?src=recsys&>
38. Ezenwaji EE, Phil-Eze PO. Water Safety Plan as a Tool for Improved Quality of Municipal Drinking Water in Nigeria. Sci Res [Internet]. 2014;(August):997–1002. Available from: https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiY4O6a5KvJAhUCghoKHVmoCOMQFggBMAA&url=http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?paperID=49124&usg=AFQjCNGhQUpMhLUnfA_fZFSc5SmRPfc4OQ
39. Pereira Vieira JM. Planos de segurança da água - Uma nova metodologia para controlo da qualidade da água para consumo humano. Segurança e Qual Aliment [Internet]. 2009;30–3. Available from: <http://www.infoqualidade.net/SEQUALI/PDF-Sequali-07/Page 30-33.pdf>
40. Rosén L, Hokstad P, Lindhe A, Sklet S. Generic Framework and Methods for Integrated Risk Management in Water Safety Plans. Techneau. 2007;(June):107.
41. AESABESP. PSA - A água como questão de segurança. Saneas N°48 [Internet]. Rio de Janeiro; 2013;52. Available from: <http://www.aesabesp.org.br/arquivos/saneas/saneas48.pdf>
42. Vieira JMP. Planos de Segurança da Água - água segura para todos [Internet]. 2011 p. 12–6. Available from: <http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/doma/simposio/PLANO%20SEGURAN%C3%A7A%20GUA-JOS%20VIEIRA.PDF>
43. Vieira JMP, Morais CMGD, Valente JCT, Peixoto FMSPM. Experiência da Aplicação do Plano de Segurança da Água nas Águas do Cávado, S.A. Eng Civ UM [Internet]. 2008;33:5–16. Available from: <http://www.civil.uminho.pt/revista/n33/Artigo01-Pag5-16.pdf>
44. Águas do Centro e Litoral [Internet]. [cited 2015 Apr 1]. Available from: <http://www.aguadomondego.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=2042&t=Dia-Nacional-da-Agua>
45. Associação dos Municípios do Carvoeiro Vouga [Internet]. [cited 2015 Apr 1]. Available from: <http://www.amcv.pt/www.amcv.pt/>
46. ARH do Centro e Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Estudo Estratégico para intervenções de reabilitação na rede hidrográfica da ARH do Centro Guia de Orientação para a Intervenção em Linhas de Água [Internet]. Porto; 2013. p. 187. Available from:

http://www.apambiente.pt/_zdata/Divulgacao/Projectos/agua/EstudoEstrategico/GuiaIntervencaoLinhasAguaARHC.pdf

47. Raposo C, Matos JS, António M. Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4 Parte A Avaliação Ambiental Estratégica [Internet]. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. 2012. Available from: http://www.apambiente.pt/_zdata/CONSULTA_PUBLICA/CP_ARHCentro/Consulta_Publica/ParteA_AAE_RA.pdf
48. Empreitada de ampliação do Sistema Regional do Carvoeiro (SRC II). Memória Descritiva e Justificativa da Reabilitação e Reforço do Sistema de Captação de Água Bruta. Assoc Municípios do Carvoeiro-Vouga. 2012;1–6.
49. Raymond D. Letterman. Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies [Internet]. Fifth Edit. McGraw- Hill, INC. 1999. xiv, 1194 p. p. Available from: <http://uclibs.org/PID/106321>
50. Ferreira J. Controlo do alumínio no tratamento de água captada no rio Vouga. Universidade de Aveiro; 2013.
51. Department of Health and Human Services. Public Health Statement for Aluminum [Internet]. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2008. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=1076&tid=34>
52. U.S. Department of Health and Human Services. Toxicological profile for aluminum. Agency Toxic Subst Dis Regist. 2008;(Setembro):357.
53. George Tchobanoglous, Franklin L. Burton HDS. Metcalf & Eddy - Wastewater engineering treatment and reuse.pdf. Mc Graw Hill; 2002.
54. Sousa VSS. Desempenho da flotação por ar dissolvido na remoção de cianobactérias de diferentes morfologias. Universidade do Algarve; 2012.
55. Ministry of Health. Optimisation of Small Drinking-water Treatment Systems Resources for the Drinking-water Assistance Programme [Internet]. Ministry of Health Manatu Hauora. New Zealand: Ministry of Health; 2007. 49 p. Available from: https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjV74PF66vJAhWThhoKHcAoD_IQFgggMAA&url=http://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/optimisation-small-drinking-water-treatment-systems-jan14.docx&usg=AFQjCNGBhD1F2P
56. Carty G, Bourke N. Water treatment manuals Filtration [Internet]. Environmental Protection Agency. Environmental Protection Agency; 1995. p. 80. Available from: <http://www.epa.ie/pubs/advice/drinkingwater/watertreatmentmanuals-filtration.html#.VIXNs3bhDIU>

57. Ribeiro ML, Luca SJ e De. Tratamento de águas por filtração por membranas - Estado da Arte. (30):14. Available from:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/peru/braapa165.pdf>
58. Percival A, Neller A, McRae B. Water made clear. Aust Gov. Australian Government; 2004;30.
59. National Water Quality Management Strategy - Australian Drinking Water Guidelines 6. Australian Government. 2004. 1-615 p.
60. Vimágua [Internet]. [cited 2015 Sep 4]. Available from: <http://www.vimagua.pt/s/48>
61. Ontario. Procedure for Disinfection of Drinking Water in Ontario [Internet]. Protecting our environment Ontario. Ontario; 2006. p. 32. Available from:
<http://www.ontario.ca/document/procedure-disinfection-drinking-water-ontario>
62. WHO. Disinfectants and Disinfection By-Products [Internet]. WHO Seminar Pack for Drinking - Water Quality. 1978. p. 27. Available from:
https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjDnbHn7avJAhVHOxoKHQBADZ8QFgggMAA&url=http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/S04.pdf&usg=AFQjCNHpRHqpraJ28SurxytfA9kEaxhz-w
63. Environmental Protection Agency (Ireland). Water Treatment Manual : Disinfection [Internet]. 2013. 200 p. Available from:
https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiAo_Oa7qvJAhVG2BoKHcWhAYYQFgggMAA&url=https://www.epa.ie/pubs/advice/drinkingwater/Disinfection2_web.pdf&usg=AFQjCNE3MYnySxGHdsQ_--oQB7-X9wabBg
64. Monteiro AM do CS, Damasceno JC. Sistemas de Saneamento Básico- Tentativa de Resolução de Problemas. LUSAGUA [Internet]. 2014;(1):1–5. Available from:
<http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/059.pdf>
65. Ramos MMF. Análise comparativa de sistemas de desidratação para ETAR- Caso de estudo: centrifugas versus filtros banda [Internet]. Universidade Nova de Lisboa- Faculdade de Ciências e Tecnologia; 2011. Available from:
http://run.unl.pt/bitstream/10362/7506/1/Ramos_2011.pdf
66. ERSAR- Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos [Internet]. [cited 2015 Sep 2]. Available from: <http://www.ersar.pt/website/>
67. Oliveira F, Silva JF, Oliveira PF, Oliveira MF. Indicadores de Qualidade da água fornecida pelo Sistema Regional do Carvoeiro a partir de captações no rio Vouga. 2005;
68. NAVIA - Agile operations for water utilities [Internet]. [cited 2015 Sep 4]. Available from: <http://www.navia.pt/pt/>
69. Silva JF, Oliveira F. The eutrophication in the river Vouga basin – impacts on the quality of water for public supply. Fourth Inter-Celtic Colloq Hydrol Manag Water Resour. 2005;1–11.

70. Silva JF, Santos JMF. Relação entre poluição difusa e qualidade da água em sub-bacias do rio Vouga. 2010;
71. Departamento da Saúde Pública. Significado dos parâmetros incluídos na vertente analítica do Programa de Vigilância Sanitária da Água para Consumo Humano [Internet]. 2001. Available from:
https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjn3fD276vJAhWBUhoKHaCOCToQFggoMAE&url=http://portal.arsnorte.min-saude.pt/portal/page/portal/ARSNorte/Conte%C3%BAdos/Sa%C3%BAdeP%C3%BAblica/Conteudos/Agua_Consumo_tabela.pdf&us
72. Sabino HAA. Contribuição para o tratamento de água para consumo humano contaminada por radionuclídeos [Internet]. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa; 2009. Available from:
http://run.unl.pt/bitstream/10362/3338/1/Sabino_2009.pdf
73. A AD-C, Scrimshaw MD. Hazard and risk assessment for indirect potable reuse schemes: An approach for use in developing Water Safety Plans. Elsevier. 2010;
74. Afonso L, Bastos P, Tavares J, Costa C, César A. A importância de uma plataforma agregadora de processos na gestão operacional de um sistema multimunicipal - 15º Encontro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Évora; 2012.
75. Marques da Silva MA, Santos JB, Ribeiro LFT. Funcionamento hidráulico das captações do Sistema do Carvoeiro. Rev Unive Aveiro. 1996;10(2):69–79.

Apêndices

| | |
|---|-----|
| APÊNDICE I- IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E EVENTOS PERIGOSOS, AVALIAÇÃO DE RISCO E APLICAÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO AO LONGO DO SISTEMA REGIONAL DO CARVOEIRO | 164 |
| APÊNDICE II - PLANO DE MONITORIZAÇÃO APLICADO A TODOS OS PM E PCC IDENTIFICADOS NO SRC..... | 218 |
| APÊNDICE III- PROPOSTA DE REVISÃO DO PROCESSO 1 DO MANUAL DE GESTÃO DA ÁGUAS DO VOUGA, S.A. | 219 |
| APÊNDICE IV- PROPOSTA DE REVISÃO DO PROCESSO 8 DO MANUAL DE GESTÃO DA ÁGUAS DO VOUGA, S.A..... | 219 |

APÊNDICE I- IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E EVENTOS PERIGOSOS, AVALIAÇÃO DE RISCO E APLICAÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO AO LONGO DO SISTEMA REGIONAL DO CARVOEIRO

Tabela 29- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de água bruta- água superficial

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|---|
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes de cemitérios | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes de cemitérios | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes de cemitérios | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Outros compostos químicos perigosos | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Escorrências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas de fossas sépticas | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|---|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|---|
| Água Bruta | Água superficial | Efluentes sem tratamento adequado provenientes das ETAR a montante da captação | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da atividade pecuária | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da atividade pecuária | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da atividade pecuária | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Produtos fertilizantes ou agroquímicos provenientes da atividade agrícola e florestal | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Produtos fertilizantes ou agroquímicos provenientes da atividade agrícola e florestal | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Cianotoxinas | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Outros compostos químicos perigosos | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Outros compostos químicos perigosos | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|---|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|---|
| Água Bruta | Água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Partículas | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Chuvas Intensas/ Inundações | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Cianotoxinas | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Outros compostos químicos perigosos | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | | | Estação de monitorização de Pessegueiro/ Sistema de Telegestão |
| Água Bruta | Água superficial | Contaminação da água devido a fogos florestais | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Contaminação da água devido a fogos florestais | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Água Bruta | Água superficial | Contaminação da água devido a fogos florestais | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Contaminação da água devido a fogos florestais | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Contaminação da água devido a fogos florestais | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas poluentes (metais e hidrocarbonetos) | Metais Fe e Mn | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas poluentes (metais e hidrocarbonetos) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Descargas poluentes (metais e hidrocarbonetos) | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) |
| Água Bruta | Água superficial | Crescimento anormal de algas | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Crescimento anormal de algas | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água superficial | Crescimento anormal de algas | Cianotoxinas | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico (análises no rio) / Plano de resposta a situações de emergência |

Tabela 30- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de água bruta- água subterrânea

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|----|----|----|---------|-------|-----------------------------------|
| Água Bruta | Água Subterrânea | Ecorrências provenientes de cemitérios | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Ecorrências provenientes de cemitérios | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Ecorrências provenientes de cemitérios | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Ecorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Ecorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Ecorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Ecorrências provenientes da atividade de exploração mineira | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Outros compostos químicos perigosos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|----|----|----|---------|-------|---|
| Água Bruta | Água Subterrânea | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Esgorências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Esgorências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Esgorências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Esgorências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|---|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Água Bruta | Água Subterrânea | Derrames provenientes de acidentes em vias de circulação (A25) | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | sim | Não | Sim | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Microorganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Degradação da qualidade da água por influência da nova barragem | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Diminuição do caudal do rio devido a falhas nas barragens | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Estação de monitorização de Pessegueiro/ Sistema de Telegestão |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|----|----|----|---------|-------|-----------------------------------|
| Água Bruta | Água Subterrânea | Contaminação da água devido a fogos florestais | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Contaminação da água devido a fogos florestais | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Contaminação da água devido a fogos florestais | Turvação | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Contaminação da água devido a fogos florestais | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Contaminação da água devido a fogos florestais | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas de fossas sépticas | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas de fossas sépticas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|----|----|----|---------|-------|---|
| Água Bruta | Água Subterrânea | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas) | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Efluentes sem tratamento adequado provenientes das ETAR a montante da captação | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Efluentes sem tratamento adequado provenientes das ETAR a montante da captação | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da atividade pecuária | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da atividade pecuária | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da atividade pecuária | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Produtos fertilizantes ou agroquímicos provenientes da atividade agrícola e florestal | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Produtos fertilizantes ou agroquímicos provenientes da atividade agrícola e florestal | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Produtos fertilizantes ou agroquímicos provenientes da atividade agrícola e florestal | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Cianotoxinas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|----|----|----|---------|-------|---|
| Água Bruta | Água Subterrânea | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante | Outros compostos químicos perigosos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Chuvas Intensas/ Inundações | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Chuvas Intensas/ Inundações | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Chuvas Intensas/ Inundações | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Chuvas Intensas/ Inundações | Outros compostos químicos perigosos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Chuvas Intensas/ Inundações | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Chuvas Intensas/ Inundações | Turvação | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Chuvas Intensas/ Inundações | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|----|----|----|---------|-------|-----------------------------------|
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas poluentes (industriais e domésticas) | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas poluentes (metais e hidrocarbonetos) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas poluentes (metais e hidrocarbonetos) | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Descargas poluentes (metais e hidrocarbonetos) | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------|------------------|--|-----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|---|
| Água Bruta | Água Subterrânea | Substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Degradação da qualidade da água captada devido à limpeza do leito do rio, devido a colmatção | Turvação | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Degradação da qualidade da água captada devido à limpeza do leito do rio, devido a colmatção | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Degradação da qualidade da água captada devido à limpeza do leito do rio, devido a colmatção | Microorganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Crescimento anormal de algas | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Crescimento anormal de algas | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Água Bruta | Água Subterrânea | Crescimento anormal de algas | Cianotoxinas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |

Tabela 31- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de captação de água bruta- água superficial

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|-------------------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Perigo provenientes de etapas anteriores | Outros compostos químicos perigosos | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Perigo provenientes de etapas anteriores | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Perigo provenientes de etapas anteriores | Cianotoxinas | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Perigo provenientes de etapas anteriores | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Obstáculos físicos que impedem a captação (por exemplo formação de gelo, árvores, raízes) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Obstáculos físicos que impedem a captação (por exemplo formação de gelo, árvores, raízes) | Falta de água | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Estação de monitorização de Pessegueiro/ Sistema de Telegestão / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Ações de vandalismo/sabotagem | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Ações de vandalismo/sabotagem | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Ações de vandalismo/sabotagem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Ações de vandalismo/sabotagem | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Ações de vandalismo/sabotagem | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Perigo provenientes de etapas anteriores | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais devidas a catástrofes naturais (trovoadas, tempestades, deslizamento de terras, sismos, etc.) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água superficial - rios | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais devidas a catástrofes naturais (trovoadas, tempestades, deslizamento de terras, sismos, etc.) | Falta de água | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Sistema de telegestão /Programa de manutenção |

Tabela 32 - Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de captação de água bruta- água subterrânea

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1? | Q2 ? | Q3 ? | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|------|------|---------|-------|--|
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Degradação da qualidade da água captada devido à subida do nível do rio acima dos poços | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Situação Ocasional - Plano de resposta a situações ocasionais. (Parar as bombas que captam a água dos poços) |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Danos nas infraestruturas | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Programa de manutenção |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Danos nas infraestruturas | Falta de água | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Sistema de telegestão /Programa de manutenção |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Degradação da qualidade da água captada devido à subida do nível do rio acima dos poços | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Situação ocasional do Plano de Resposta a Situações ocasionais (Parar as bombas que captam a água dos poços) |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Degradação da qualidade da água captada devido à subida do nível do rio acima dos poços | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Situação ocasional do Plano de Resposta a Situações ocasionais (Parar as bombas que captam a água dos poços) |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Perigo provenientes de etapas anteriores | Cianotoxinas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Perigo provenientes de etapas anteriores | Outros compostos químicos perigosos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Contaminação do poço/furo durante a sua construção | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Contaminação do poço/furo durante a sua construção | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Contaminação do poço/furo durante a sua construção | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Contaminação do poço/furo durante a sua construção | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Contaminação do poço/furo durante a sua construção | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Ações de vandalismo/sabotagem | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1? | Q2 ? | Q3 ? | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|----------------------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|------|------|---------|-------|---|
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Ações de vandalismo/sabotagem | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Ações de vandalismo/sabotagem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Ações de vandalismo/sabotagem | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Ações de vandalismo/sabotagem | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Estragos na cabeça do poço devido ao acesso de animais e/ou a tempestades | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Programa de manutenção |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Estragos na cabeça do poço devido ao acesso de animais e/ou a tempestades | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Programa de manutenção |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais devidas a catástrofes naturais (trovoadas, tempestades, deslizamento de terras, sismos, etc.) | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Plano analítico / Plano de resposta a situações de emergência |
| Captação de Água Bruta | Água subterrânea - poços e furos | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais devidas a catástrofes naturais (trovoadas, tempestades, deslizamento de terras, sismos, etc.) | Falta de água | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Sistema de telegestão /Programa de manutenção |

Tabela 33 - Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de pré-ozonização

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob | Sev | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------------------|----------------|---|----------------------------|------|-----|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Concentração insuficiente de oxidante | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Concentração insuficiente de oxidante | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Fuga de oxidante a montante dos difusores e/ou má repartição de oxidante no tanque de contacto por colmatação parcial dos difusores | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Fuga de oxidante a montante dos difusores e/ou má repartição de oxidante no tanque de contacto por colmatação parcial dos difusores | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Rotura de stock do oxidante | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Plano de Resposta a situações de emergência |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Rotura de stock do oxidante | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Plano de Resposta a situações de emergência |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Paragem no doseamento de oxidante devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Paragem no doseamento de oxidante devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Perigos provenientes de etapas anteriores | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Perigos provenientes de etapas anteriores | Partículas | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Perigos provenientes de etapas anteriores | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Perigos provenientes de etapas anteriores | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob | Sev | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------------------|----------------|---|-------------------------------------|------|-----|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|---|
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Perigos provenientes de etapas anteriores | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Perigos provenientes de etapas anteriores | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Processo de pré-tratamento | Pré-ozonização | Doseamento em excesso de oxidante | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água/ Sistema de telegestão/ Controlo do oxidante |

Tabela 34 - Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de correção de pH

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Ris co | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------|-------------------------------|--|-----------------------------|-------|------|-----------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais pesados (As, Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH elevado por preparação e doseamento incorreto de água de cal | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH baixo por preparação e doseamento incorreto de água de cal | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH inadequado por rotura do stock de cal | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH elevado por paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH baixo por paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH elevado por velocidade de doseamento elevada | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH elevado por calibração incorreta do controlador | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------|-------------------------------|---|----------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH elevado por degradação da qualidade do químico utilizado | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Controlo dos certificados de análise |
| Correção de pH | Correção de pH (leite de cal) | pH elevado causado por um incorreto químico utilizado | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |

Tabela 35- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de coagulação-floculação

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---|-------------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|---------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Contaminação do coagulante devido a receção inadequada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Contaminação do coagulante devido a receção inadequada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Produto químico inadequado | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Controlo dos certificados de análise |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Doseamento incorreto de coagulante | Partículas | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Doseamento incorreto de coagulante | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Doseamento em excesso de coagulante | Alumínio | 4 | 4 | 16 | Risco muito elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Controlo do coagulante |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Rotura de stock do coagulante | Partículas | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Rotura de stock do coagulante | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Paragem no doseamento de coagulante devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Partículas | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Doseamento incorreto de floculante | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Doseamento incorreto de floculante | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---|-------------------------|---|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|---|
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Tempo de contacto insuficiente para a formação de flocos | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Tempo de contacto insuficiente para a formação de flocos | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Rotura de stock de floculante | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Rotura de stock de floculante | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Paragem no doseamento de floculante devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão/ Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Paragem no doseamento de floculante devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão/ Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Mau funcionamento ou má regulação do sistema de purga de lamas | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão/ Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Mau funcionamento dos turbidímetros | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão/ Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Perigos provenientes de etapas anteriores | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Perigos provenientes de etapas anteriores | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Perigos provenientes de etapas anteriores | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Coagulação - floculação | Perigos provenientes de etapas anteriores | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | SIM | Não | Sim | Análises de qualidade da água |

Tabela 36- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de flotação

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---|----------------|--------------------------------------|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Partículas | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---|----------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falta de higiene nos bicos injetores | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Microorganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Partículas | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---|----------------|---|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|---|
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Tempo de operação de flotação insuficiente | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Microorganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Partículas | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---|----------------|---|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Pressão de saturação na câmara de pressurização inadequada. | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Microorganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Partículas | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---|----------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais na injeção de ar | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---|----------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Partículas | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais nas pontes raspadoras | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/ flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|--|----------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Partículas | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Radionuclídeos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Processo de coagulação/floculação/flotação | Flotação | Ineficiente remoção dos flocos | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

Tabela 37- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de filtração

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-----------|----------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Filtração | Filtração | Deficiente controlo da coluna de água sobre o leito filtrante | Matéria Orgânica | 4 | 3 | 12 | Risco elevado | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Deficiente controlo da coluna de água sobre o leito filtrante | Turvação | 4 | 2 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Deteorização do filtro | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Deteorização do filtro | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Deteorização do filtro | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Deteorização do filtro | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Velocidade de filtração inadequada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Velocidade de filtração inadequada | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Velocidade de filtração inadequada | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Velocidade de filtração inadequada | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Degradação da qualidade da água quando atravessa o filtro | Partículas | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Deficiente controlo de tempos de filtração | Matéria Orgânica | 4 | 3 | 12 | Risco elevado | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Deficiente controlo de tempos de filtração | Turvação | 4 | 2 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Incorreta lavagem dos filtros | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Incorreta lavagem dos filtros | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Incorreta lavagem dos filtros | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-----------|----------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|--------|-------|--|
| Filtração | Filtração | Incorreta lavagem dos filtros | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Manutenção inadequada da areia (não substituição da areia quando necessário) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Manutenção inadequada da areia (não substituição da areia quando necessário) | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Manutenção inadequada da areia (não substituição da areia quando necessário) | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Deficientes condições de oxigénio no leito filtrante | Partículas | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Mau funcionamento dos analisadores em linha | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Filme biológico ineficiente | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Filme biológico ineficiente | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Manutenção inadequada do filtro | Partículas | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração | Filtração | Perigos provenientes de etapas anteriores | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água |
| Filtração | Filtração | Perigos provenientes de etapas anteriores | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Filtração | Filtração | Perigos provenientes de etapas anteriores | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Filtração | Filtração | Perigos provenientes de etapas anteriores | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água |
| Filtração | Filtração | Má qualidade dos procedimentos de segurança | Partículas | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

Tabela 38- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de Estação Elevatória Intermédia

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|--------------------------------------|----------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|---------|-------|--|
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Avaria de válvulas de retenção | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de Telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Avaria de grupos eletrobomba | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Avaria de grupos eletrobomba | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Avaria de grupos eletrobomba | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de Telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Avaria de grupos eletrobomba | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Perigo provenientes de etapas anteriores | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Perigo provenientes de etapas anteriores | Cianotoxinas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Perigo provenientes de etapas anteriores | Alumínio | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Elevação | Perigo provenientes de etapas anteriores | Aparecimento de sabor | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Condutas elevatórias | Danos ou destruição das condutas elevatórias | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Bombas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Bombas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Bombas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Bombas | Deficiente controlo das operações utilizando bombas | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Bombas | Falta de higiene nos processos de instalação / manutenção/ reparação das bombas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|--------------------------------------|----------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|---------|-------|--|
| Estação elevatória intermédia da ETA | Bombas | Falta de higiene nos processos de instalação / manutenção/ reparação das bombas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Bombas | Falta de higiene nos processos de instalação / manutenção/ reparação das bombas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Inadequada operação de válvulas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Inadequada operação de válvulas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Inadequada operação de válvulas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Inadequada operação de válvulas | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Falta de higiene durante os processos de instalação/ manutenção e reparação das válvulas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Falta de higiene durante os processos de instalação/ manutenção e reparação das válvulas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Falta de higiene durante os processos de instalação/ manutenção e reparação das válvulas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas válvulas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas válvulas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estação elevatória intermédia da ETA | Válvulas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas válvulas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

Tabela 39- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de oxidação com ozono

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------|-----------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Oxidação (ozono) | Adição de ozono | Doseamento incorreto de oxidante | Microrganismos patogénicos | 3 | 4 | 12 | Risco elevado | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Oxidação (ozono) | Adição de ozono | Concentração insuficiente de oxidante | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Oxidação (ozono) | Adição de ozono | Concentração insuficiente de oxidante | Matéria Orgânica | 3 | 3 | 9 | Risco elevado | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Oxidação (ozono) | Adição de ozono | Concentração de oxidante em excesso | Bromatos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Controlo do oxidante |
| Oxidação (ozono) | Ozonização | Fuga de oxidante a montante dos difusores e/ou má repartição de oxidante no tanque de contacto por colmatação parcial dos difusores | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Oxidação (ozono) | Ozonização | Fuga de oxidante a montante dos difusores e/ou má repartição de oxidante no tanque de contacto por colmatação parcial dos difusores | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Oxidação (ozono) | Adição de ozono | Rotura de stock do oxidante | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Oxidação (ozono) | Adição de ozono | Rotura de stock do oxidante | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Oxidação (ozono) | Adição de ozono | Paragem no doseamento de oxidante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Oxidação (ozono) | Adição de ozono | Paragem no doseamento de oxidante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Oxidação (ozono) | Ozonização | Perigos provenientes de etapas anteriores | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Oxidação (ozono) | Ozonização | Perigos provenientes de etapas anteriores | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |

Tabela 40- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de filtração CAG

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---------------|-----------------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Filtração CAG | Filtração CAG | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Filtração CAG | Remoção de matéria orgânica | Paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Remoção de matéria orgânica | Colmatação do leito de carvão ativado | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Remoção de matéria orgânica | Quantidade de carvão ativado granular insuficiente para garantir a adsorção pretendida | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Quantidade de carvão ativado granular insuficiente para garantir a adsorção pretendida | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Remoção de matéria orgânica | Entupimento de CAG por grandes quantidades de matéria orgânica | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Remoção de matéria orgânica | Entupimento de CAG por grandes quantidades de matéria orgânica | Matéria Orgânica | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Degradação da qualidade da água que atravessa o CAG | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Lavagem incorreta dos filtros de CAG | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Lavagem incorreta dos filtros de CAG | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perdas de carga devido ao tamanho (diminuto) dos grãos de CAG ou pela ineficiente lavagem dos filtros | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Características / Qualidade do Carvão Ativado Granular não apropriadas (a) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---------------|----------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Filtração CAG | Filtração CAG | Características / Qualidade do Carvão Ativado Granular não apropriadas (a) | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Velocidade de filtração muito baixa | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Velocidade de filtração muito baixa | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Velocidade de filtração muito baixa | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Diminuição do pH | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Diminuição do pH | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Diminuição do pH | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Elevada temperatura da água | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Elevada temperatura da água | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Elevada temperatura da água | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Condições de humidade inapropriadas no armazenamento do CAG | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Condições de humidade inapropriadas no armazenamento do CAG | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Controlo dos Certificados de análise |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Condições de humidade inapropriadas no armazenamento do CAG | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Controlo dos Certificados de análise |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perigo provenientes de etapas anteriores | Cianotoxinas | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perigo provenientes de etapas anteriores | Hidrocarbonetos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perigo provenientes de etapas anteriores | Pesticidas | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perigo provenientes de etapas anteriores | Turvação | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|---------------|----------------|--|-------------------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|----|---------|-------|-----------------------------------|
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perigo provenientes de etapas anteriores | Partículas | 3 | 2 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perigo provenientes de etapas anteriores | Outros compostos químicos perigosos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perigo provenientes de etapas anteriores | Alumínio | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Filtração CAG | Filtração CAG | Perigo provenientes de etapas anteriores | Aparecimento de sabor | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade da água |

Tabela 41- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de remineralização

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-----------------|--|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|---------|-------|--|
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO ₂) | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO ₂) | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO ₂) | Preparação e doseamento incorreto de água de cal | pH elevado | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO ₂) | Preparação e doseamento incorreto de água de cal | pH baixo | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO ₂) | Rotura do stock de cal | pH inadequado | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO ₂) | Paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | pH elevado | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO ₂) | Paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | pH baixo | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO ₂) | Velocidade de doseamento elevada | pH elevado | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-----------------|-------------------------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO2) | Calibração incorreta do doseador | pH elevado | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO2) | Degradação da qualidade do químico utilizado | pH elevado | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO2) | Perigos provenientes de etapas anteriores | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Remineralização | Remineralização (água de cal + CO2) | Incorreto químico utilizado | pH elevado | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão |

Tabela 42- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de desinfecção

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-------------|-----------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|----|---------|-------|--|
| Desinfecção | Desinfecção | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Desinfecção | Desinfecção | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Desinfecção | Adição de cloro | Doseamento incorreto de cloro | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão |
| Desinfecção | Adição de cloro | Concentração de cloro elevada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão |
| Desinfecção | Adição de cloro | Concentração de cloro elevada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão |
| Desinfecção | Adição de cloro | Concentração de cloro elevada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão |
| Desinfecção | Adição de cloro | Concentração de cloro diminuta | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão |
| Desinfecção | Adição de cloro | Alarme de Cloro | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão |
| Desinfecção | Adição de cloro | Tempo de contacto insuficiente da água com o desinfetante | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-------------|-----------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|----|---------|-------|--|
| Desinfecção | Adição de cloro | Calibração incorreta do doseador | Trihalometanos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Desinfecção | Adição de cloro | Calibração incorreta do doseador | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Desinfecção | Adição de cloro | Rotura de stock de cloro | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade de água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Desinfecção | Adição de cloro | Paragem no doseamento de cloro devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Desinfecção | Desinfecção | Matéria orgânica natural presente na água a ser clorada | Trihalometanos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Programa de manutenção |
| Desinfecção | Adição de cloro | Formação de subprodutos | Trihalometanos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Controlo do desinfetante |
| Desinfecção | Adição de cloro | Produto químico inadequado | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Programa de manutenção |
| Desinfecção | Adição de cloro | Sub-dosagem | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Sim | | Sim | Não | Análises de qualidade de água / Controlo do desinfetante |

Tabela 43- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de estações elevatórias

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------------|----------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|--------|-------|--|
| Estações elevatórias | Elevação | Avaria de válvulas de retenção | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de Telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Elevação | Avaria de grupos eletrobomba | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Elevação | Avaria de grupos eletrobomba | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Elevação | Avaria de grupos eletrobomba | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Elevação | Avaria de grupos eletrobomba | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Elevação | Danos ou destruição da estação elevatória devido a catástrofes naturais ou inundações | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Danos ou destruição da estação elevatória devido a catástrofes naturais ou inundações | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Danos ou destruição da estação elevatória devido a catástrofes naturais ou inundações | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Danos ou destruição da estação elevatória devido a catástrofes naturais ou inundações | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Danos ou destruição da estação elevatória devido a acidentes causados pelo Homem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Danos ou destruição da estação elevatória devido a acidentes causados pelo Homem | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Danos ou destruição da estação elevatória devido a acidentes causados pelo Homem | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Danos ou destruição da estação elevatória devido a acidentes causados pelo Homem | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Sabotagem/Vandalismo | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análise de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Sabotagem/Vandalismo | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análise de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Elevação | Sabotagem/Vandalismo | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análise de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------------|----------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|--------|-------|--|
| Estações elevatórias | Elevação | Sabotagem/Vandalismo | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Condutas elevatórias | Danos ou destruição das condutas elevatórias | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Plano de resposta a situações de emergência |
| Estações elevatórias | Bombas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Bombas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Bombas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Bombas | Deficiente controlo das operações utilizando bombas | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Bombas | Falta de higiene nos processos de instalação / manutenção/ reparação das bombas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Bombas | Falta de higiene nos processos de instalação / manutenção/ reparação das bombas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Bombas | Falta de higiene nos processos de instalação / manutenção/ reparação das bombas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Inadequada operação de válvulas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Inadequada operação de válvulas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Inadequada operação de válvulas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Inadequada operação de válvulas | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Falta de higiene durante os processos de instalação/ manutenção e reparação das válvulas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Falta de higiene durante os processos de instalação/ manutenção e reparação das válvulas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------------|----------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|----|----|----|--------|-------|--|
| Estações elevatórias | Válvulas | Falta de higiene durante os processos de instalação/ manutenção e reparação das válvulas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Estações elevatórias | Válvulas | Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais nas bombas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

Tabela 44- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de adução de água tratada

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|-------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Fugas de água nas condutas | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Queda de pressão do sistema | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Queda de pressão do sistema | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Queda de pressão do sistema | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Acumulação de sedimentos no interior das condutas | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Acumulação de sedimentos no interior das condutas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Acumulação de sedimentos no interior das condutas | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Acumulação de sedimentos no interior das condutas | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|-------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|----|----|----|---------|-------|--|
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Rotura de condutas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Rotura de condutas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Rotura de condutas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Rotura de condutas | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Rotura de condutas | Turvação | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Contaminação cruzada nas condutas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Contaminação cruzada nas condutas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Contaminação cruzada nas condutas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Contaminação cruzada nas condutas | Turvação | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Entrada de ar ou água para o interior das condutas por intermédio de ventosas localizadas em caixas enterradas mal concebidas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|-------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Entrada de ar ou água para o interior das condutas por intermédio de ventosas localizadas em caixas enterradas mal concebidas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Entrada de ar ou água para o interior das condutas por intermédio de ventosas localizadas em caixas enterradas mal concebidas | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Entrada de ar ou água para o interior das condutas por intermédio de ventosas localizadas em caixas enterradas mal concebidas | Turvação | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Entrada de ar por pressões negativas e/ou por fluxo inverso de água nas condutas | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Entrada de ar por pressões negativas e/ou por fluxo inverso de água nas condutas | Turvação | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Bypass temporário impróprio | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Bypass temporário impróprio | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Bypass temporário impróprio | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Materiais inadequados utilizados | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Materiais inadequados utilizados | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Materiais inadequados utilizados | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|-------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de novas condutas na rede | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de novas condutas na rede | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de novas condutas na rede | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de novas condutas na rede | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Falta de água no reservatório de origem ou estação de tratamento | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Falta de água no reservatório de origem ou estação de tratamento | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Falta de água no reservatório de origem ou estação de tratamento | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Volume de água reduzido | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Volume de água reduzido | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Volume de água reduzido | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Volume de água reduzido | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|-------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|---------|-------|--|
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Isolação insuficiente da área afetada | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Isolação insuficiente da área afetada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Isolação insuficiente da área afetada | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Velocidade da água elevada | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Velocidade da água elevada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Velocidade da água elevada | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Velocidade da água elevada | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Degradação da qualidade química da água | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Degradação da qualidade química da água | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Degradação da qualidade química da água | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Degradação da qualidade química da água | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Degradação da qualidade microbiológica da água | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sim | Não | Sim | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Degradação da qualidade microbiológica da água | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Degradação da qualidade microbiológica da água | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Degradação da qualidade microbiológica da água | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Capacidade insuficiente da rede, devido a falhas ocorridas na conceção | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|------------------------|-------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|---------|-------|---|
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Contaminação da água devido á presença de matéria orgânica no solo, através das juntas de borracha | Turvação | 2 | 2 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Contaminação da água devido á presença de matéria orgânica no solo, através das juntas de borracha | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Contaminação da água devido á presença de matéria orgânica no solo, através das juntas de borracha | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Contaminação da água devido á presença de matéria orgânica no solo, através das juntas de borracha | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Tempo de residência elevado da água na rede (estagnação da água) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão /Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Tempo de residência elevado da água na rede (estagnação da água) | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão /Programa de manutenção |
| Adução de água tratada | Condutas adutoras | Tempo de residência elevado da água na rede (estagnação da água) | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão /Programa de manutenção |

Tabela 45- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco e aplicação da árvore de decisão na etapa de armazenamento de água tratada

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|---------|-------|--|
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Fugas de água no reservatório | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Acumulação de sedimentos no interior do reservatório | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Acumulação de sedimentos no interior do reservatório | Turvação | 1 | 2 | 2 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Ações de vandalismo/sabotagem | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Ações de vandalismo/sabotagem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Ações de vandalismo/sabotagem | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Acesso de animais ao reservatório | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção / Plano de resposta a situações de emergência |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Lixiviação ou corrosão dos materiais de construção | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Lixiviação ou corrosão dos materiais de construção | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Lixiviação ou corrosão dos materiais de construção | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Presença de elementos metálicos no interior dos reservatórios (escadas, suportes, condutas) | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|---------|-------|--|
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Entrada de água drenada no topo do reservatório | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Entrada de água drenada no topo do reservatório | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Entrada de água drenada no topo do reservatório | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Contaminação química por dosagem química incorreta | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Contaminação química por dosagem química incorreta | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Contaminação química por dosagem química incorreta | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Bypass temporário impróprio | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Bypass temporário impróprio | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Bypass temporário impróprio | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Entrada de água contaminada a partir do solo, quer por percolação quer por capilaridade (para reservatórios enterrados ou semienterrados) | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Entrada de água contaminada a partir do solo, quer por percolação quer por capilaridade (para reservatórios enterrados ou semienterrados) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Entrada de água contaminada a partir do solo, quer por percolação quer por capilaridade (para reservatórios enterrados ou semienterrados) | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Deterioração da qualidade da água no reservatório de água tratada | Microrganismos patogênicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Falta de limpeza ou higienização | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|---------|-------|--|
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Falta de limpeza ou higienização | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Falta de limpeza ou higienização | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Reservatórios de água tratada | Procedimento de limpeza ou higienização incorreto | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Tempo de contacto insuficiente da água com o hipoclorito (cloro) | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Contaminação do reagente devido a receção inadequada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Controlo dos Certificados de análise |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Doseamento incorreto de cloro | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Concentração de cloro elevada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Concentração de cloro elevada | Metais Fe e Mn | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Concentração de cloro elevada | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Concentração de cloro diminuta | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Alarme de Cloro | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Calibração incorreta do doseador | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Calibração incorreta do doseador | Trihalometanos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Rotura de stock de cloro | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Plano de resposta a situações de emergência |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Paragem no doseamento de cloro devido a falhas mecânicas, elétricas ou estruturais | Microrganismos patogénicos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Sistema de telegestão / Programa de manutenção |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Q1 | Q2 | Q3 | É PCC ? | É PM? | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|-------------------------------|----------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|-----|----|----|---------|-------|--|
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Matéria orgânica natural presente na água a ser clorada | Matéria Orgânica | 1 | 3 | 3 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água/ Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Formação de subprodutos | Trihalometanos | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade da água / Controle do desinfetante |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Produto químico inadequado | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Programa de manutenção |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Sub-dosagem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Controle do desinfetante |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Sub-dosagem | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Controle do desinfetante |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Sub-dosagem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 1 | 4 | 4 | Baixo risco | | | | - | - | Análises de qualidade de água / Controle do desinfetante |
| Armazenamento de Água Tratada | Recloração | Tanque de armazenamento com dimensões reduzidas | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Não | | | Não | Sim | Análises de qualidade de água / Programa de manutenção |

Tabela 46- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco na etapa de todo o sistema

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------|----------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|--|
| Todo o sistema | Todo o sistema | Danos ou destruição devido a catástrofes naturais ou inundações | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Danos ou destruição devido a catástrofes naturais ou inundações | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Danos ou destruição devido a catástrofes naturais ou inundações | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Danos ou destruição devido a catástrofes naturais ou inundações | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Danos ou destruição devido a acidentes causados pelo Homem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Danos ou destruição devido a acidentes causados pelo Homem | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco | Medida Preventiva e/ou de suporte |
|----------------|----------------|--|-----------------------------|-------|------|-------|------------------|--|
| Todo o sistema | Todo o sistema | Danos ou destruição devido a acidentes causados pelo Homem | Microorganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Danos ou destruição devido a acidentes causados pelo Homem | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Sabotagem/Vandalismo | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Sabotagem/Vandalismo | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Sabotagem/Vandalismo | Microorganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |
| Todo o sistema | Todo o sistema | Sabotagem/Vandalismo | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio | Sistema de Telegestão/ Plano de resposta a situações de emergência |

Tabela 47- Identificação de perigos e eventos perigosos, avaliação de risco na etapa de todo o sistema (riscos futuros)

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco |
|---------------------------------|----------------|---|-----------------------------|-------|------|-------|------------------|
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Contaminação química e microbiológica intencional | Radionuclídeos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Contaminação química e microbiológica intencional | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Contaminação química e microbiológica intencional | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Contaminação química e microbiológica intencional | Microorganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Informação inacessível acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Microorganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Informação inacessível acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco |
|---------------------------------|----------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Informação inacessível acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Conflitos militares | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Conflitos militares | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Conflitos militares | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Conflitos políticos | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Competição no uso do solo | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Competição no uso do solo | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Competição no uso do solo | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Competição no uso do solo | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Descarga de novas substâncias químicas | Radionuclídeos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Descarga de novas substâncias químicas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Descarga de novas substâncias químicas | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Descargas de produtos químicos derivados de novas aplicações | Radionuclídeos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Descargas de produtos químicos derivados de novas aplicações | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Descargas de produtos químicos derivados de novas aplicações | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Presença de microrganismos patogênicos capazes de superar as barreiras existentes | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Novos padrões de precipitação e evaporação | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Alteração da qualidade da água na fonte devido aos efeitos das alterações climáticas | Radionuclídeos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Alteração da qualidade da água na fonte devido aos efeitos das alterações climáticas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Alteração da qualidade da água na fonte devido aos efeitos das alterações climáticas | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Alteração da qualidade da água na fonte devido aos efeitos das alterações climáticas | Microrganismos patogênicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Alteração da qualidade da água na fonte devido aos efeitos das alterações climáticas | Radionuclídeos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco |
|---------------------------------|----------------|---|----------------------------|-------|------|-------|------------------|
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Fonte de água | Alteração da qualidade da água na fonte devido aos efeitos das alterações climáticas | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Danos físicos provocados por ataques terroristas ou sabotagem | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Contaminação química e microbiológica intencional | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Contaminação química e microbiológica intencional | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Contaminação química e microbiológica intencional | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Ataque cibernético (por exemplo manipulação dos passos operacionais) | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Ataque cibernético (por exemplo manipulação dos passos operacionais) | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Ataque cibernético (por exemplo manipulação dos passos operacionais) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Ataque cibernético (por exemplo manipulação dos passos operacionais) | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Informação inacessível acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Informação inacessível acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Informação inacessível acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Conflitos militares | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Conflitos militares | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Conflitos militares | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Conflitos políticos | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Descarga de novas substâncias químicas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Descarga de novas substâncias químicas | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco |
|---------------------------------|----------------|--|----------------------------|-------|------|-------|------------------|
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Descargas de produtos químicos derivados de novas aplicações | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Descargas de produtos químicos derivados de novas aplicações | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Tratamento | Presença de microrganismos patogénicos capazes de superar as barreiras existentes | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Danos físicos provocados por ataques terroristas ou sabotagem | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Contaminação química e microbiológica intencional | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Contaminação química e microbiológica intencional | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Contaminação química e microbiológica intencional | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Ataque cibernético (por exemplo manipulação dos passos operacionais) | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Ataque cibernético (por exemplo manipulação dos passos operacionais) | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Ataque cibernético (por exemplo manipulação dos passos operacionais) | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Ataque cibernético (por exemplo manipulação dos passos operacionais) | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Informação inacessível, acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Informação inacessível, acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Informação inacessível, acerca da qualidade da água e suas fontes, de modo a evitar vandalismo e sabotagem | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Conflitos militares | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Conflitos militares | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Conflitos militares | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |

| Etapa | Tipo/Sub-etapa | Evento Perigoso | Perigo | Prob. | Sev. | Risco | Análise do Risco |
|---------------------------------|----------------|---|----------------------------|-------|------|----------|------------------|
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Conflitos políticos | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Descarga de novas substâncias químicas | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Descarga de novas substâncias químicas | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Descargas de produtos químicos derivados de novas aplicações | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Descargas de produtos químicos derivados de novas aplicações | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Presença de microrganismos patogénicos capazes de superar as barreiras existentes | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Sistema de rede de adução danificado e possível contaminação da água | Metais pesados (As,Se, Sb) | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Sistema de rede de adução danificado e possível contaminação da água | Metais Fe e Mn | 2 | 3 | 6 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Sistema de rede de adução danificado e possível contaminação da água | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Sistema de rede de adução danificado e possível contaminação da água | Falta de água | 2 | 4 | 8 | Risco médio |
| Todo o sistema (Riscos futuros) | Distribuição | Aumento do tempo de retenção devido a sistemas de grandes dimensões | Microrganismos patogénicos | 2 | 4 | 8 | Risco médio |

APÊNDICE II - PLANO DE MONITORIZAÇÃO APLICADO A TODOS OS PM E PCC IDENTIFICADOS NO SRC

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio |
|----------------------|-------------------------------------|--|--|---|--|------------------------|--|--|
| Origem da água bruta | Água do rio Vouga e do leito do rio | Falta de água (PM) | Caudal de água | Medição em linha | - | - | Monitorização em contínuo do caudal de água. Verificar o funcionamento correto dos caudalímetros. Efetuar limpeza dos equipamentos quando necessário. Registrar todos os resultados e as ações envolvidas. | |
| | | Aparecimento de sabor (PM) | Fitoplâncton | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | 2000 Células de cianobactérias/ml | 1 µg/l (microcistinas) | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | Aumentar a frequência de amostragem de fitoplâncton na água do rio, realizar análises à toxina. Se o número de cianobactérias exceder 2000 células, adotar o procedimento de emergência. |
| | | Cianotoxinas (PM) | | | | | | Alteração visual do aspeto da água do rio e aumento do consumo do cloro (+ 500g em 2 dias) Comunicação á Entidade Gestora em Baixa Colheita de amostra de água para análise de fitoplâncton e manganês (semanal até situação normalizada) Controlo operacional de sabor e oxigénio dissolvido (diário) Injeção de ar no leito do rio |
| | | Matéria Orgânica (PM) | Turvação | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | - | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |
| | | Turvação (PM) | | | | | | |
| | | Metais Fe e Mn (PM) | Metais Fe e Mn | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | Valor estabelecido no D.L.nº236/98 de 1 de Agosto | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | Coliformes fecais | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | 2000 Em 100 ml (VMR estabelecido no D.L.nº236/98 de 1 de Agosto) | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |
| | | Outros compostos químicos perigosos (PM) | Outros compostos químicos perigosos | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | Valor estabelecido no D.L.nº236/98 de 1 de Agosto | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio |
|------------------------|------------------------------------|--|--|---|---|----------------|---|---------------------------------|
| | | Partículas (PM) | SST | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | 25 mg/l (VMR estabelecido no D.L.nº236/98 de 1 de Agosto) | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |
| Captação de água bruta | Captação superficial e subterrânea | Aparecimento de sabor (PM) | Fitoplâncton | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | - | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |
| | | Cianotoxinas (PM) | | | | | | |
| | | Matéria Orgânica (PM) | Turvação | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | - | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |
| | | Turvação (PM) | | | | | | |
| | | Metais Fe e Mn (PM) | Metais Fe e Mn | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | Valor estabelecido no D.L.nº236/98 de 1 de Agosto | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | Coliformes fecais | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | 2000 em 100 ml (VMR estabelecido no D.L.nº236/98 de 1 de Agosto) | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |
| | | Outros compostos químicos perigosos (PM) | Outros compostos químicos perigosos | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | Valor estabelecido no D.L.nº236/98 de 1 de Agosto | - | Controlo operacional analítico conforme o plano analítico | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ou controlar | Método de monitorização e/ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio |
|----------------|----------------|--|---|---|------------------|----------------|---|---------------------------------|
| Pré-tratamento | Pré-ozonização | Bromatos (PM) | Brometos | Medição pontual efetuada trimestralmente conforme o plano analítico | - | - | Verificar, pelo menos, uma vez por dia, o valor do ozono residual e o valor de concentração de ozono no gás produzido à saída da câmara de ozonização, e caso necessário, proceder ao seu ajuste. Inspeccionar, pelo menos uma vez por dia, o sistema de refrigeração do ozonizador e a temperatura do destruidor térmico. Verificar com regularidade, o valor do ponto de orvalho para garantir a eficácia do ozonizador. Controlar a eficiência desta etapa através da análise do parâmetro oxidabilidade, não esquecendo de verificar o valor de turvação. Realizar com regularidade, pelo menos uma vez por dia, uma inspeção visual ao processo de tratamento, verificando o seu funcionamento. Registrar todos os resultados e as ações envolvidas. | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | Ozono residual | Medição em linha efetuada na etapa de ozonização intermédia | - | - | | |
| | | Aparecimento de sabor (PM) | Fitoplâncton | Medição pontual efetuada trimestralmente na água do rio, conforme o plano analítico | - | - | | |
| | | Cianotoxinas (PM) | | | | | | |
| | | Matéria Orgânica (PM) | Turvação | Medição em linha efetuada nas câmaras de coagulação-floculação | - | - | | |
| | | Metais Fe e Mn (PM) | | | | | | |
| | | Turvação (PM) | | | | | | |
| | | Outros compostos químicos perigosos (PM) | | | | | | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio |
|---------------------------------|----------------------------------|---|--|--|---|----------------|---|---|
| Coagulação-floculação | Câmaras de coagulação-floculação | Matéria Orgânica (PM) | Turvação | Medição em linha | 0,3 UNT | 0,4 UNT | Verificar, pelo menos uma vez por dia as sondas de pH e de turvação, pelo menos uma vez por semana, proceder à sua calibração. Inspeccionar, pelo menos uma vez por dia, o sistema de doseamento (bombas doseadoras e rotâmetro). Verificar, pelo menos uma vez por dia o valor de ozono residual na etapa de ozonização intermédia. Realizar com regularidade, pelo menos uma vez por dia, uma inspeção visual ao processo de tratamento, verificando o seu funcionamento. Analisar o alumínio através do fotómetro, pelo menos uma vez por dia. Efetuar ações de limpeza de equipamentos quando necessário. Registrar todos os resultados e ações envolvidas. | Caso ocorra uma ultrapassagem do valor limite de alerta de turvação: Alterar a percentagem da bomba doseadora de leite de cal até se obterem os valores de pH dentro dos limites de alerta (aumentar ou diminuir a concentração de leite de cal); Verificar a eficácia da ação, através da monitorização em contínuo realizada pelos turbidímetros e sondas de pH; Se esta ação não foi eficaz, adotar o procedimento para o desvio ao limite crítico. |
| | | Partículas (PM) | | | | | | |
| | | Turvação (PM) | | | | | | |
| | | Outros compostos químicos perigosos (PM) | | | | | | |
| | | Alumínio (PM) | pH | Medição em linha | Coagulação 6,0 -6,7 Floculação 6,1 - 6,4 | 6,1 - 6,4 | | Caso ocorra uma ultrapassagem do valor limite crítico de turvação: Verificar o funcionamento dos equipamentos, nomeadamente, sondas que medem a turvação e pH e a bomba doseadora; Se o problema é causado devido a uma avaria na bomba doseadora, proceder ao doseamento manual; Verificar o valor de alumínio através do fotómetro. Recolher uma amostra de água e confirmar o valor, realizando uma análise à água. Se os valores de turvação persistirem elevados, rejeitar esta água. |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Aparecimento de sabor (PM) | Fitoplâncton | Medição pontual efetuada trimestralmente na água do rio, conforme o plano analítico | - | - | | | | |
| Cianotoxinas (PM) | | | | | | | | |
| Microrganismos patogénicos (PM) | Ozono residual | Medição em linha na etapa de ozonização intermédia | - | - | | | | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio |
|----------|------------|--|--|--|------------------|----------------|--|---------------------------------|
| Flotação | Flotação | Matéria Orgânica (PM) | Turvação | Inspeção visual | - | - | Verificar o valor de turvação e pH, uma vez por dia, na etapa de coagulação/floculação. Analisar o alumínio através do fotómetro, pelo menos uma vez por dia. Realizar com regularidade, pelo menos, uma vez por dia, uma inspeção visual ao processo de tratamento. Controlar a eficiência da etapa através da análise dos parâmetros de turvação, oxidabilidade e alumínio residual. Verificar, pelo menos uma vez por dia o valor de ozono residual na etapa de ozonização intermédia. Efetuar ações de limpeza aos equipamentos quando necessário. Registrar todos os resultados e ações envolvidas. | |
| | | Metais Fe e Mn(PM) | | | | | | |
| | | Outros compostos químicos perigosos (PM) | | | | | | |
| | | Turvação (PM) | | | | | | |
| | | Alumínio (PM) | Brometos | | | | | |
| | | Bromatos (PM) | | | | | | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | | | | | | |
| | | Aparecimento de sabor (PM) | Fitoplâncton | | | | | |
| | | Cianotoxinas (PM) | | | | | | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio | | | | |
|--|--|---|--|---|------------------|----------------|---|---|--------------|---|---|---|
| Filtração com filtros de areia, antracite e zeólitos | Filtros de areia, antracite e zeólitos | Metais Fe e Mn (PCC) | Turvação | Medição em linha | 0,4 UNT | 0,5 UNT | Efetuar medições do alumínio residual à saída de cada filtro, uma vez por semana, recorrendo ao fotómetro. Realizar com regularidade inspeções visuais para verificar se existe arrastamento do meio filtrante, erupções ou fervuras. No final de cada lavagem e antes do enchimento do filtro, verificar se existem bolas de lama à superfície do meio filtrante, e em caso afirmativo, proceder á sua remoção. Na fase de enchimento do filtro, verificar se a água se encontra límpida ou se ainda se verifica arrastamento de sujidades do meio filtrante. Caso necessário, ajustar os parâmetros tempo de lavagem com ar, caudal e tempo de lavagem com água. Deve proceder-se à lavagem do filtro quando se atinge uma perda de carga pré-definida, quando se verifica um valor de turvação superior ao limite máximo estabelecido, ou sempre que o filtro entra em serviço após um longo período de inatividade. Verificar, pelo menos uma vez por ano, a altura do meio filtrante em cada filtro, procedendo-se à sua reposição, quando necessário. Verificar, pelo menos uma vez por dia o valor de ozono residual na etapa de ozonização intermédia. Registar todos os resultados e as ações envolvidas. | Caso ocorra uma ultrapassagem do valor limite de alerta de turvação: Alterar a percentagem da bomba doseadora de leite de cal até se obterem os valores de pH dentro dos limites de alerta (aumentar ou diminuir a concentração de leite de cal); Verificar a eficácia da ação, através da monitorização em contínuo realizada pelos turbidímetros e sondas de pH; Se esta ação não foi eficaz, adotar o procedimento para o desvio ao limite crítico. Caso ocorra uma ultrapassagem do valor limite crítico de turvação: Verificar o funcionamento dos equipamentos, nomeadamente, sondas que medem a turvação e pH e a bomba doseadora; Se o problema é causado devido a uma avaria na bomba doseadora, proceder ao doseamento manual; Verificar o valor de alumínio através do fotómetro. Recolher uma amostra de água e confirmar o valor, realizando uma análise à água. Se os valores de turvação persistirem elevados, rejeitar esta água. | | | | |
| | | Outros compostos químicos perigosos (PCC) | | | | | | | | | | |
| | | Partículas (PCC) | | | | | | | | | | |
| | | Turvação (PCC) | | | | | | | | | | |
| | | Matéria Orgânica (PCC) | | | | | | | | | | |
| | | Alumínio (PCC) | pH | Medição em linha efetuada na etapa de coagulação/Floculação | - | - | | | | | | |
| | | | | | | | | Aparecimento de sabor (PM) | Fitoplâncton | Medição pontual efetuada trimestralmente na água do rio, conforme o plano analítico | - | - |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | Ozono residual | Medição em linha efetuada na etapa de ozonização intermédia | - | - | | | | | | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|---|------------------|----------------|---|---------------------------------|
| Elevação intermédia | Estação Elevatória Intermédia | Falta de água (PM) | Pressão | Medição em linha | - | - | Realizar uma monitorização em contínuo do caudal de água e pressão. Verificar o funcionamento correto das bombas e caudalímetro. Efetuar limpeza dos equipamentos quando necessário. Registrar todos os resultados e as ações envolvidas. | |
| | | | Caudal de água | Medição em linha | - | - | | |
| Ozonização intermédia | Câmaras de ozonização | Alumínio (PM) | Turvação | Medição em linha efetuada nos filtros de areia, antracite e zeólitos | - | - | Verificar, pelo menos, uma vez por dia, o valor do ozono residual e o valor de concentração de ozono à saída das câmaras de ozonização, e caso necessário, proceder ao seu ajuste. Verificar, pelo menos uma vez por dia, o sistema de refrigeração do ozonizador e a temperatura do destruidor térmico. Verificar com regularidade, o valor do ponto de orvalho para garantir a eficácia do ozonizador. Controlar a eficiência desta etapa através da análise do parâmetro oxidabilidade. Registrar todos os resultados e as ações envolvidas. Verificar, pelo menos uma vez por dia, o valor de pH e de turvação. Realizar com regularidade, pelo menos uma vez por dia, uma inspeção visual ao processo de tratamento, verificando o seu funcionamento. Registrar todos os resultados e as ações envolvidas. | |
| | | Matéria Orgânica (PM) | | | | | | |
| | | Aparecimento de sabor (PM) | Fitoplâncton | Medição pontual efetuada trimestralmente na água do rio, conforme o plano analítico | - | - | | |
| | | Cianotoxinas (PM) | | | | | | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | Ozono residual | Medição em linha | A definir | A definir | | |
| | | Bromatos (PM) | Brometos | Medição pontual efetuada trimestralmente na água do rio, conforme o plano analítico | - | - | | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio |
|------------------------------|------------------|--|--|---|------------------|----------------|--|---------------------------------|
| Filtração com filtros em CAG | Filtros de CAG | Aparecimento de sabor (PCC) | Fitoplâncton | Medição pontual efetuada trimestralmente na água do rio, conforme o plano analítico | - | - | Verificar, pelo menos uma vez por dia, o valor de ozono residual na etapa de ozonização intermédia. Verificar o valor de turvação no Reservatório de Água tratada. Realizar com regularidade, uma inspeção visual ao processo de tratamento, verificando o seu funcionamento e avaliando as condições dos filtros. Proceder às operações de lavagem e substituição dos filtros, quando necessário; Realizar uma monitorização em contínuo do caudal de água. Verificar o funcionamento correto dos caudalímetros. Registrar todos os resultados e as ações envolvidas. | |
| | | Cianotoxinas (PCC) | | | | | | |
| | | Matéria Orgânica (PM) | Turvação | Análise visual e medição em linha efetuada no Reservatório de Água Tratada | - | - | | |
| | | Partículas (PM) | | | | | | |
| | | Metais Fe e Mn (PM) | | | | | | |
| | | Outros compostos químicos perigosos (PM) | | | | | | |
| | | Turvação (PM) | | | | | | |
| | | Alumínio (PM) | | | | | | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | Ozono residual | Medição em linha efetuada na etapa de ozonização intermédia | - | - | | |
| | | Falta de água (PM) | Pressão | Medição em linha | - | - | | |
| Caudal de água | Medição em linha | | - | - | | | | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Remineralização e desinfecção | Reservatório de água tratada | Microrganismos patogénicos (PCC) | Cloro residual | Medição em linha | Valor especificado para cada reservatório, considerando o D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | Valor especificado para cada reservatório, considerando o D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | Registar os caudais de saída do reservatório para a rede de distribuição e inspecionar a estrutura externa e a zona circundante. Verificar as sondas de nível. Confirmar o valor de cloro residual recorrendo ao fotómetro, pelo menos duas vez por dia, ou sempre que suscitem dúvidas. Verificar, pelo menos uma vez por dia o valor de pH e temperatura da água. Inspecionar a existência de fugas de cloro. Verificar a pressão do serviço do tanque em uso, ou em alternativa, o volume/peso do cloro ainda disponível. Se o tanque estiver vazio trocar. Inspecionar com regularidade, pelo menos uma vez por dia, o sistema de doseamento, nomeadamente as bombas doseadoras e o octâmetro. Realizar análises à água armazenada no reservatório, aos vários parâmetros, conforme o plano PCQA para averiguar a qualidade final da água a distribuir. Realizar com regularidade, pelo menos uma vez por dia, uma inspeção visual aos processos de tratamento de desinfecção e remineralização, verificando o seu funcionamento. Registar todos os resultados e ações envolvidas. Realizar ações de limpeza, quando necessário. | Em caso de ultrapassagem dos limites de alerta: - Aumentar ou diminuir, respetivamente, a concentração de cloro na ETA; - Verificar eficácia da ação; - Se não eficaz, adotar procedimento para desvio ao limite crítico. Em caso de ultrapassagem dos limites críticos: - Comunicar ao responsável pelo PSA; - Abrir folha de registos de desvio de cloro. Em caso de ultrapassagem dos limites críticos superiores: - Fechar a válvula de saída do reservatório de água tratada; - Trabalhar em regime de 1 bomba, sem injeção de cloro; - Acompanhamento dos valores de cloro no reservatório; - Abrir a válvula de saída do reservatório quando o cloro estiver abaixo de 0,9 mg/l; - Acompanhamento dos valores de cloro nos reservatórios de entrega; - Verificar a eficácia das ações. Em caso de ultrapassagem de limite crítico inferior: - Fechar a válvula de saída do reservatório de água tratada; - Adicionar hipoclorito de sódio no reservatório de água tratada; - Acompanhamento dos valores de cloro no reservatório; - Abrir a válvula de saída do reservatório quando o cloro estiver acima de 0,7 mg/l; - Acompanhamento dos valores de cloro nos reservatórios de entrega; - Verificar a eficácia das ações. |
| | | Trihalometanos (PM) | | Medição efetuada no reservatório de água tratada conforme o PCQA | | | | |
| | | pH inadequado (PM) | pH | Medição em linha | VP no D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | - | | |
| | | | | Medição efetuada no reservatório de água tratada conforme o PCQA | | | | |

| Etapa | Instalação | Perigo | Parâmetros a monitorizar e/ ou controlar | Método de monitorização e/ ou controlo e periodicidade | Limite de Alerta | Limite Crítico | Procedimentos de controlo operacional | Procedimentos em caso de desvio | |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|--|--|--|----------------|---|---------------------------------|--|
| Elevação da água tratada | Estações elevatórias | Falta de água (PM) | Pressão | Medição em linha | - | - | Realizar uma monitorização em contínuo do caudal de água. Verificar o funcionamento correto dos caudalímetros. Efetuar ações de limpeza aos equipamentos quando necessário. Registrar todos os resultados e as ações envolvidas. | | |
| | | | Caudal de água | Medição em linha | - | - | | | |
| Adução da água tratada | Condutas adutoras | Falta de água (PM) | Pressão | Medição em linha | - | - | Avaliar com regularidade, uma vez por dia, o valor de cloro residual livre em vários pontos, nomeadamente nos extremos da rede, nas zonas elevadas e nas zonas de baixo consumo, para, caso necessário, proceder ao reajustamento do doseamento do cloro residual nos reservatórios. Proceder a uma medição e a um registo das descargas de água estagnada efetuadas. Desenvolver um procedimento operacional para reparação de roturas nas condutas e garantir o seu cumprimento. Fiscalizar os cuidados de higienização antes da instalação de novas condutas e após a sua colocação, quer em troços isolados, quer em redes novas | | |
| | | | Caudal de água | Medição em linha | - | - | | | |
| | | Metais Fe e Mn (PM) | Metais Fe e Mn | Medição efetuada nos reservatórios de água tratada conforme o PCQA | VP estabelecido no D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | - | | | |
| | | Metais pesados As, Se e Sb (PM) | Metais pesados As, Se e Sb | Medição efetuada nos reservatórios de água tratada conforme o PCQA | VP no D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | - | | | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | Cloro residual | Medição efetuada nos reservatórios, conforme o plano PCQA | Valor especificado para cada reservatório, considerando o D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | - | | | |
| Armazenamento de água tratada | Reservatórios | Falta de água (PM) | Pressão | Medição em linha | - | - | Registrar os caudais de saída do reservatório para a rede de distribuição e inspecionar a estrutura externa e a zona circundante. Verificar também as sondas de nível. Verificar o valor de cloro residual recorrendo ao fotómetro, pelo menos duas vezes por dia, ou sempre que suscitem dúvidas. Verificar, pelo menos uma vez por dia o valor de pH e temperatura da água. Inspeccionar a existência de fugas de cloro. Verificar a pressão do serviço do tanque em uso, ou em alternativa, o volume/peso do cloro ainda disponível. Se o tanque estiver vazio trocar. Realização de análises à água armazenada nos reservatórios, aos vários parâmetros, conforme o plano PCQA para averiguar a qualidade final da água a distribuir. Registrar todos os resultados e ações envolvidas. Realizar ações de limpeza, quando necessário. | | |
| | | | Caudal de água | Medição em linha | - | - | | | |
| | | Metais Fe e Mn (PM) | Metais Fe e Mn | Medição efetuada nos reservatórios de água tratada conforme o PCQA | VP estabelecido no D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | - | | | |
| | | Metais pesados As, Sb e Se (PM) | Metais pesados As, Sb e Se | Medição efetuada nos reservatórios de água tratada conforme o PCQA | VP estabelecido no D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | - | | | |
| | | Microrganismos patogénicos (PM) | Cloro residual | Medição em linha | Valor especificado para cada reservatório, considerando o D.L.nº306/2007 de 27 de Agosto | - | | | |
| | | Trihalometanos (PM) | | | | | | | |



Edição: II
Data: 03.15

PROCESSO I (proposta de revisão)

Captação, Tratamento e Abastecimento

I. Objetivo e âmbito

O objetivo deste processo é a Captação de água do Rio Vouga e seu posterior Tratamento e Abastecimento dos municípios pertencentes à Associação de Municípios do Carvoeiro-Vouga, satisfazendo o cliente quantitativa e qualitativamente.

Adotar as boas práticas de segurança da água, de segurança e saúde e ambientais definidas pela Águas do Vouga.

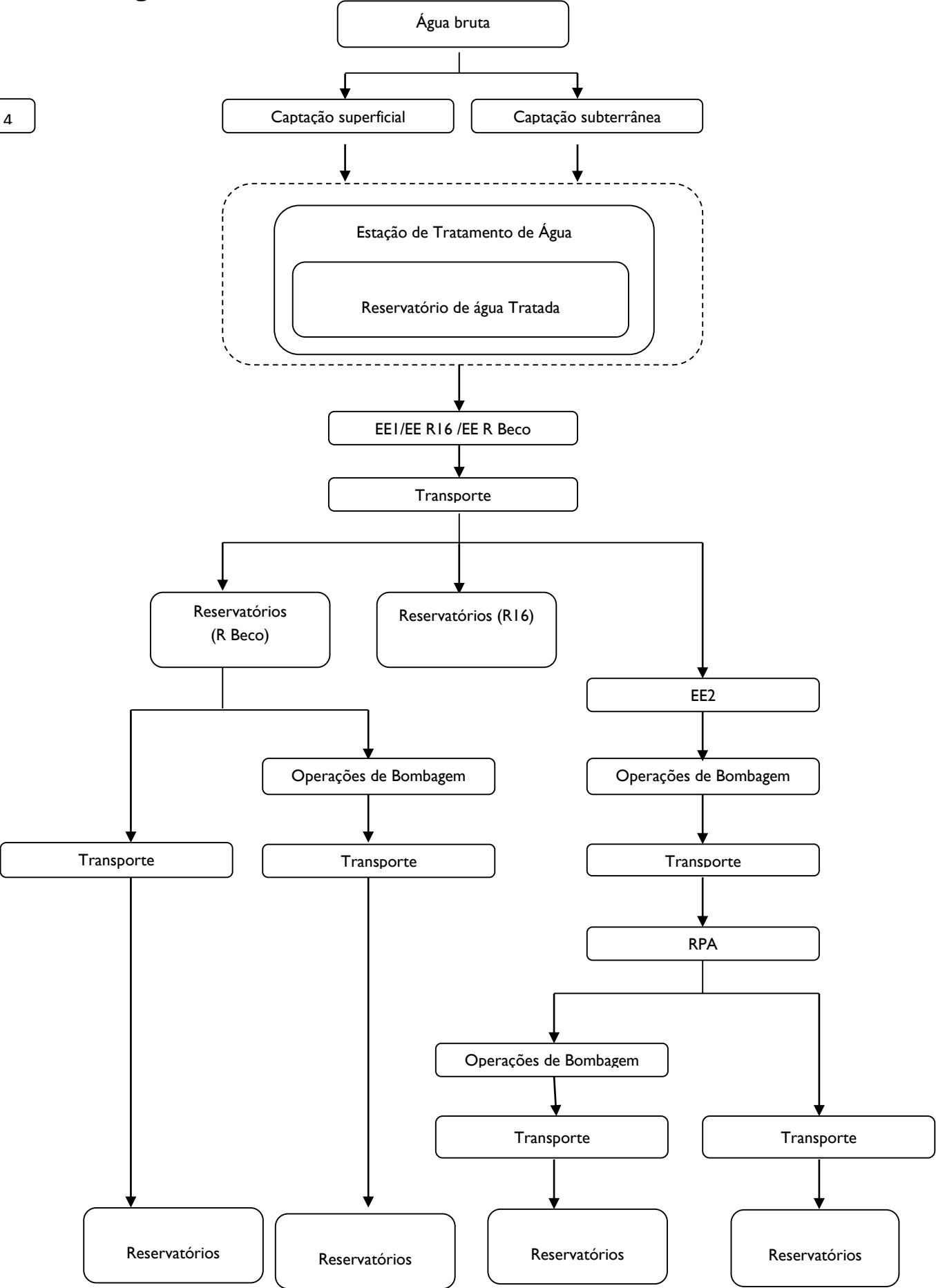
2. Responsabilidades

O processo de Captação, Tratamento e Abastecimento de água, é da responsabilidade da Exploração.

Elaborado:

Aprovado:

3. Fluxograma





4. Descrição

| | |
|----------|---|
| Entradas | Contrato de Concessão Legislação aplicável Água Bruta Análises à água bruta Processos Plano de Segurança da Água |
|----------|---|

| Etapas | Descrição | Responsável | Registos/Documentos | Localização |
|--------|---|-------------|---|-------------|
| 1 | A água bruta é a matéria-prima de entrada no nosso processo, procedendo-se à sua análise no rio e na captação segundo a legislação aplicável | Exploração | Relatório de Ensaio do Laboratório contratado Relatório Mensal | NAVIA |
| 2 | Captação da água superficial através de bombas submersíveis, que elevam a água até à ETA/EEI | Exploração | Horas de Funcionamento de bombas Intensidade de bombas Caudal/volume – medição em linha | NAVIA |
| 3 | ETA | Exploração | 012- Consumo de Produtos no Tratamento | NAVIA |
| 3.1 | A primeira etapa de tratamento da água de superfície é a pré-ozonização, realizada com recurso ao ozono | Exploração | Bromatos - medição pontual Caudal/Volume – medição em linha Consumo de Produtos no Tratamento | NAVIA |
| 3.2 | A etapa de coagulação é efetuada num tanque de mistura rápida, recorrendo ao coagulante policlorosulfato de alumínio (WAC) e leite de cal para correção do pH | Exploração | pH, turvação e temperatura – Medição em linha Consumo de Produtos no Tratamento | NAVIA |
| 3.3 | Após a coagulação, têm-se a floculação num tanque de mistura lenta, com recurso a um floculante Polieletrólito | Exploração | pH, turvação e temperatura – Medição em linha Consumo de Produtos no Tratamento | NAVIA |

| | | | | |
|-----|---|------------|--|-------|
| 3.4 | Após a coagulação e floculação das partículas presentes na água, ocorre a sua remoção na etapa de flotação por ar dissolvido | Exploração | Análise visual Caudal /Volume. Medição em linha | NAVIA |
| 3.5 | A água proveniente da flotação é encaminhada para a etapa de filtração em 4 filtros multicamada (areia /antracite e zeólitos) | Exploração | Turvação- medição em linha Alumínio – Amostragem pontual Caudal/Volume – medição em linha Volume de água dos tempos de lavagem Tempo de lavagem dos filtros Tempo entre as lavagens dos filtros | NAVIA |
| 3.6 | Após, a filtração, a água é bombeada até à Estação Elevatória Intermédia (EEI) | Exploração | 005 – Controlo Semanal 010-Folha de Serviço Diário 013- Tratamento 019-Controlo EEI 045-Verificação de pH 047 – Verificação de cloro | NAVIA |
| 4 | A água captada ao nível dos poços e furos é inserida na ETA na etapa de ozonização. Caso possua uma boa qualidade, esta água apenas é inserida na etapa de correção do equilíbrio calco-carbónico | Exploração | 013 - Tratamento 019 – Controlo EEI 052 – Reserva (cloro) | NAVIA |
| 3.7 | A etapa seguinte é a ozonização que se realiza em duas câmaras de contacto. | Exploração | Bromatos - medição pontual Caudal /Volume – medição em linha Ozono /Ozono residual – medição em linha | NAVIA |
| 3.8 | A etapa final de afinação é a filtração em filtros de Carvão Ativado Granular (CAG) realizada em 4 filtros. | Exploração | Caudal/ Volume – medição em linha Pressão – medição em linha Análise visual | NAVIA |

| | | | | |
|------|--|------------|---|-------|
| 3.9 | A correção do equilíbrio calco-carbónico, ou remineralização é efetuada através da adição de dióxido de carbono (CO ₂) e água de cal no Reservatório de Água Tratada (RAT) | Exploração | Caudal/ Volume – medição em linha Turvação – medição em linha Cloro – medição em linha | NAVIA |
| 3.10 | Após a remineralização a água é sujeita a uma etapa de desinfecção final com recurso a cloro gás. Esta etapa é também realizada no RAT. | Exploração | Caudal/Volume – medição em linha Turvação – medição em linha Cloro – medição em linha | NAVIA |
| 3.11 | Controlo do RAT | Exploração | Caudal/Volume – medição em linha Turvação – medição em linha Cloro – medição em linha Controlo semanal consoante o plano analítico | NAVIA |
| 3.12 | Os insolúveis de cal produzidos no saturador de cal são encaminhados para o tanque de equalização de lamas, bem como as lamas produzidas na lavagem dos filtros e escorrências de desidratação | Exploração | pH – controlo em linha Caudal/ Volume – medição em linha Análise visual | NAVIA |
| 3.13 | Após equalizadas, as lamas são flotadas com a adição de um polímero. Existe um raspador que remove as lamas flotadas e as escorrências são encaminhadas para a rede de drenagem. | Exploração | Caudal / Volume – medição em linha Consumo de Produtos no Tratamento | NAVIA |
| 3.14 | As lamas seguem para um tanque, juntamente com as lamas da etapa da flotação da linha líquida. A partir deste, as lamas são bombeadas para a desidratação. | Exploração | Caudal /Volume – medição em linha | NAVIA |

| | | | | |
|------|---|------------|--|-------|
| 3.15 | A desidratação de lamas é realizada com recurso a uma centrífuga, com a adição de um polímero. As lamas desidratadas são encaminhadas para os contentores e as escorrências da desidratação para a rede de drenagem. | Exploração | Caudal /Volume – medição em linha Pressão – medição em linha Consumo de Produtos no Tratamento | NAVIA |
| 5 | A água tratada é elevada é distribuída e elevada em três estações elevatórias, EE1, EE R16 e EE Beco. | Exploração | Caudal /Volume – medição em linha Pressão – medição em linha | NAVIA |
| 6 | O Transporte realiza-se através das condutas e pode ser realizado por gravidade ou elevação. | Exploração | 029 – Quadro de Leitura – Nós Pressão – medição em linha | NAVIA |
| 7 | Reservatórios de fim de linha são centros distribuidores às populações. Nos reservatórios R7, R8, R9, R11, R12 e R15 existe recloragem. Análise da qualidade da água segundo legislação aplicável (colheita segundo Procedimento 2) | Exploração | Boletins de Análise | NAVIA |
| 8 | Controlo operacional nos reservatórios (Cloro, nível, caudal, Energia) | Exploração | 006-Controlo de Cloro (R1, R6, R7, R8, R9, R11, R12, R15) 025, 026, 027, 028 -Folha de Serviço Diário 029-Quadro de Leitura – Nós 016-Reservatórios 047 – Verificação de cloro | NAVIA |
| 9 | Controlo operacional (EE2-pH, Cloro, nível, Caudal, Energia) | Exploração | 005 – Controlo Semanal 006-Controlo de Cloro 020-Controlo EE2 045-Verificação de pH 047 – Verificação de cloro | NAVIA |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------------------------|--|
| | | | Caudal/ Volume – medição em linha | |
|--|--|--|-----------------------------------|--|

| | | | | |
|----|---|--------------------|--|-------|
| 10 | As Operações de Bombagem ocorrem sempre que se eleva a água a uma cota superior, e situam-se em vários locais da rede. | Exploração | 005-Controlo Semanal 006-Controlo de Cloro (EE2) 007-Controlo de Horas de Funcionamento 014-Controlo Bombagem ETA/R1 015-Controlo Bombagem ETA/R16 017-Controlo Bombagem-RPA/R4 018-Controlo Bombagem ZI 019-Controlo EE1 020-Controlo EE2 | NAVIA |
| 11 | Reservatórios de armazenagem de água, sendo o RPA e o Reservatório do Beco os centros distribuidores para os outros reservatórios. Nestes pontos realizam-se análises semanais para controlo da qualidade da água (colheita segundo Procedimento 2) | Exploração | 025 – Folha de Serviço Diária Caudal/ Volume – medição em linha Cloro residual – medição em linha | NAVIA |
| 12 | Controlo operacional (RPA-Cloro, pH e Condutividade, nível e caudal, Energia) | Exploração | 005 – Controlo Semanal 006-Controlo de Cloro 045-Verificação de pH 047 – Verificação de cloro | NAVIA |
| 13 | Elaboração dos relatórios mensais e anuais a entregar à Concedente | Controlo de Gestão | | |

| | |
|--------|---|
| Saídas | Água Tratada Boletins de Análise à água Registos inerentes ao processo Relatórios mensais e anuais |
|--------|---|

5. Indicadores

| Objetivo | Indicador | Periodicidade | Acompanhamento | Documento | Responsabilidade |
|---|--|---------------|---|---|------------------|
| Garantir a quantidade de água fornecida | Consumo de água mínimo | Anual | Diário Semanal Mensal Trimestral | -Folhas de Serviço Diárias (014, 015, 019, 020) -Balanço semanal -Indicadores AdVouga -Acompanhamento dos indicadores | Exploração |
| Qualidade de serviço – Manter as Perdas de água abaixo de 1 % | Percentagem de perdas de água | Anual | Trimestral | - Acompanhamento dos indicadores -Relatórios mensais | Exploração |
| Otimização de custos - Consumo de energia | Consumo de energia/ m3 de água | Anual | Trimestral | -Balanço semanal -Indicadores AdVouga | Exploração |
| Otimização de custos- Diminuição de utilização de energia em horas de ponta | Consumo de energia em horas de ponta/ ano | Anual | Semanal | -Balanço semanal | Exploração |
| Garantir a Qualidade da água | Percentagem de desvio aos valores de cloro fixados | Anual | Mensal Trimestral | - 006-Controlo de Cloro - Acompanhamento dos indicadores | Exploração |



Edição: 04
Data: 03.15

PROCESSO 8 (proposta de revisão)

Gestão do Plano de Segurança da Água - Análise de risco para a Saúde Humana

1. Objetivo e âmbito

O objetivo deste processo é estabelecer a metodologia para identificar os perigos para a saúde humana na Atividade de Captação, Tratamento e Abastecimento de água, determinar os pontos críticos de controlo (PCC) e estabelecer a monitorização operacional para estes pontos. Também se pretende estabelecer a metodologia para identificar as potenciais situações de emergência e como dar resposta a estas situações

2. Responsabilidades

O processo Plano de Segurança da Água – Análise de Risco para a Saúde Humana é da responsabilidade da Qualidade.

Elaborado:

Aprovado:

3. Descrição

Um plano de segurança da água de consumo, como descrito nas normas da OMS, é um plano documentado que identifica riscos credíveis desde a captação ao consumidor, ordena esses riscos por prioridade e cria controlos que os possam mitigar. Os planos requerem também processos para verificar a efetividade dos sistemas de gestão criados e a qualidade da água produzida.

Neste Processo tem-se em consideração as seguintes definições:

Perigo: Agente biológico, químico ou físico, presente na água com potencial para causar efeitos adversos na saúde humana.

Evento perigoso: evento, ação, atividade ou processo que pode causar a introdução de um perigo (contaminante) no sistema de abastecimento de água.

Risco: combinação da probabilidade de ocorrência de um perigo com efeito adverso para a saúde e a severidade do mesmo.

Ponto de Controlo (PC): Ponto, procedimento, operação ou etapa no qual o controlo pode ser exercido e aplicado.

Ponto Crítico de Controlo (PCC): Ponto, procedimento, operação ou etapa no qual o controlo pode ser aplicado e que é essencial para prevenir ou eliminar um perigo relacionado com a segurança da água ou para reduzir esse perigo a níveis aceitáveis.

Ponto de Monitorização (PM): Ponto onde se monitorizam os parâmetros aplicáveis.

Medida Controlo: Ação ou processo estabelecido para prevenir ou eliminar um perigo, ou reduzi-lo a um nível aceitável.

Matriz de Classificação de Riscos

| <div> <div>Probabilidade de ocorrência</div> <div>Severidade</div> </div> | | Severidade ou Consequência | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| | | Impacto não detetável Classificação 1 | Impacto na confiança do consumidor (estético) Classificação 2 | Impacto regulatório grave Classificação 3 | Impacto severo para a saúde pública Classificação 4 |
| Probabilidade de ocorrência | Baixa. Embora seja possível, não é previsível que aconteça e não existe histórico. Classificação 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Média. Aquele cuja possibilidade de ocorrência seja razoável ou existem poucas ocorrências do passado. (Uma vez por cada 5 anos) Classificação 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| | Alta. Aquele cuja possibilidade de ocorrência seja muito provável com algumas ocorrências no passado. (Uma vez por ano) Classificação 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| | Muito alta. Ocorre de forma sistemática, existindo evidências de muitas ocorrências. (todos os meses) Classificação 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |

| Classificação do risco | |
|------------------------|-------|
| Baixo risco | 1 - 4 |
| Risco médio | 5 - 8 |
| Risco elevado | 9-12 |
| Risco muito elevado | 13-16 |

Definição de Pontos de Controlo Críticos – PCC

Pontos de Controlo Críticos são pontos onde é essencial prevenir, eliminar ou reduzir um perigo dentro de limites aceitáveis. Para definir um PCC, utiliza-se o método da árvore de decisão, que consiste num processo interativo de respostas a um conjunto de três questões que devem ser colocadas a cada evento perigoso:

Q1. Existem medidas de controlo para o perigo identificado?

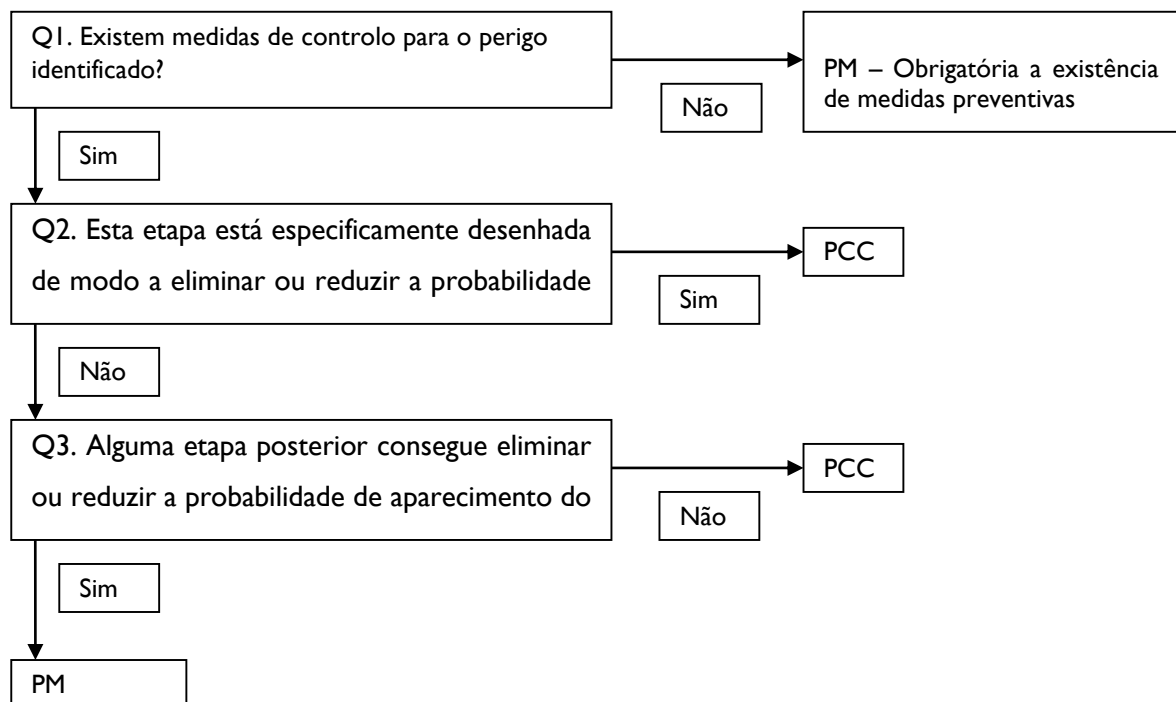
Se a resposta for SIM, deve passar-se à questão 2. Se a resposta for NÃO, identifica-se um Ponto de Monitorização (PM), onde é obrigatória a existência de Medidas Preventivas.

Q2. Esta Etapa está especificamente desenhada de modo a eliminar ou reduzir a probabilidade de aparecimento de perigo até um nível aceitável?

Esta questão deve ser respondida com o auxílio do diagrama de fluxo do sistema, tendo em conta que é a operação ou a fase do processo que está a ser questionada e não as medidas de controlo. A pergunta é feita para se saber se a operação ou fase do processo consegue controlar o perigo. Se a resposta for SIM, então é um PCC. Se a resposta for NÃO, deve passar-se à questão 3.

Q3. Alguma etapa posterior do processo eliminará o perigo ou reduzirá a probabilidade do seu aparecimento para níveis aceitáveis?

Esta questão permite avaliar se, apesar da existência de um perigo nessa fase do processo, ele consegue ser eliminado numa outra fase a jusante. Se a resposta for SIM, obtém-se um PM. Se a resposta for NÃO, então foi identificado um PCC.



Metodologia para identificação de perigos, avaliação de riscos e definição de pontos de controlo, medidas de controlo e monitorização

| | |
|------------------|---|
| Entradas: | Não Conformidades Auditorias Legislação aplicável PI- Captação, Tratamento e Abastecimento |
|------------------|---|

| Etapas | Descrição | Área de Intervenção | Registos / Documentos | Localização |
|---------------|---|---|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Levantamento dos eventos perigosos | Qualidade/Exploração Administração Controlo de Gestão Operação Manutenção e Conservação Administrativa | Identificação e Avaliação dos Perigos | Plano de Segurança da Água |
| 2 | Identificação do perigo | Qualidade | Identificação e Avaliação dos Perigos | Plano de Segurança da Água |
| 3 | Avaliação do risco em função da severidade e da frequência | Qualidade | Identificação e Avaliação dos Perigos | Plano de Segurança da Água |
| 4 | Definição de Ponto crítico de Controlo (PCC) | Qualidade | Identificação e Avaliação dos Perigos | Plano de Segurança da Água |
| 5 | Definição das medidas de controlo | Qualidade | Plano de Controlo de Pontos Críticos | Plano de Segurança da Água |
| 6 | Monitorização operacional (limites críticos) | Qualidade | Plano de Segurança da Água | Plano de Segurança da Água |
| 7 | Revisão dos eventos perigosos, dos perigos e das medidas de controlo e limites críticos programa de ações | Administração | Relatório de Revisão pela Gestão | Dossier Revisão pela Gestão |

Metodologia para identificação de situações de emergência e de resposta a estas situações

| Etapa | Descrição | Área de Intervenção | Registos / Documentos | Localização |
|-------|---|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | Identificação da natureza do risco | Qualidade | Plano de Segurança da Água | Plano de Segurança da Água |
| 2 | Identificação do tipo e abrangência da situação de emergência | Qualidade | Plano de Segurança da Água | Plano de Segurança da Água |
| 3 | Definição dos métodos de resposta à situação de emergência | Qualidade | Plano de Segurança da Água | Plano de Segurança da Água |
| 5 | Definição da comunicação interna e externa | Qualidade | Plano de Segurança da Água | Plano de Segurança da Água |
| 7 | Avaliação pós situação de emergência | Qualidade | 034-Registo de Melhoria | Dossier Melhorias |

| | |
|----------------|----------------------------|
| Saídas: | Plano de Segurança da Água |
|----------------|----------------------------|

4. Indicadores

| Indicador | Objetivo | Meta | Periodicidade | Acompanhamento | Documento |
|--|--|------|---------------|----------------|----------------------------------|
| Eficiência do Plano de Segurança da Água | Cumprimento dos valores limite definidos para os pontos críticos | 100% | Anual | Trimestral | Relatório de Revisão pela Gestão |